



Universidad Estatal Península de Santa Elena
Facultad de Ciencias Agrarias
Carrera de Ingeniería Agropecuaria

**EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA Y DISTRIBUCIÓN DE
CARBONATOS EDÁFICOS Y SU RELACIÓN CON EL
USO DE LA TIERRA EN EL CENTRO DE PRODUCCIÓN
Y PRACTICAS RIO VERDE, PROVINCIA SANTA ELENA**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Kevin Ricardo Clavijo Narváz

La Libertad, 2020.



Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias Agrarias

Escuela Agropecuaria

**EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA Y DISTRIBUCIÓN DE
CARBONATOS EDÁFICOS Y SU RELACIÓN CON EL
USO DE LA TIERRA EN EL CENTRO DE PRODUCCIÓN
Y PRACTICAS RIO VERDE, PROVINCIA SANTA ELENA**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Kevin Ricardo Clavijo Narváez

Tutor: Ing. Daniel Ponce de León, PhD.

La Libertad, 2020

TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Néstor Acosta Lozano, PhD.
**DECANO (E) DE LA FACULTAD
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Ing. Nadia Quevedo Pinos, PhD
**DIRECTORA (E) CARRERA DE
AGROPECUARIA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Néstor Orrala Borbor, PhD
**PROFESOR DEL ÁREA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Daniel Ponce de León, PhD.
**PROFESOR TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Abg. Víctor Coronel, Mgt
SECRETARIO GENERAL (E)

Agradecimientos

Agradezco principalmente a Dios por permitirme culminar este ciclo académico con lo cual cumplo un objetivo más en mi vida, a mis padres, Jime Clavijo y Alexandra Narváez por haberme apoyado todo este tiempo en mi formación académica, a mis amigos con los cual compartí grandes momentos, a mi novia Karen Rodriguez por ser mi apoyo incondicional, a la Universidad por permitir convertirme en profesional, a los docentes por ser parte fundamental en mi proceso de formación, a mi tutor Ing, Daniel Ponce de León y por proporcionarme los conocimientos, asesoría necesaria para culminar mi última etapa universitaria.

Kevin Ricardo Clavijo Narváez

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado principalmente a Dios ya que Él es el formador principal de mi vida, gracias a Él he podido llegar lejos, sé que este es el inicio de grandes cosas, a mis padres como son Jime Clavijo y Alexandra Narváez. Ellos son el claro ejemplo de que con esfuerzo y dedicación se puede llegar lejos, a mi novia Karen Rodríguez y su familia que siempre estuvieron presentes en la finalización de mi etapa universitaria y para finalizar agradezco a cada uno de mis compañeros de clases con los cual compartí cinco años de mi vida, donde vivimos grandes momentos.

Kevin Ricardo Clavijo Narváez

RESUMEN

Se evaluó la presencia y distribución de carbonatos edáficos con relación a los usos de la tierra en el Centro de Producción y Practicas Rio Verde de la Universidad Estatal Península De Santa Elena, zona representativa de la cuenca del río Zapotal. Se realizaron dos tipos de muestreos, espacial (0-30 cm; cien observaciones) y vertical (0-10, 10-20, 20-40, 40-60 y 60-100 cm; diez observaciones). Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, por gasometría, método del calcímetro de Bernard. Se encontraron valores en un rango de 0.00 a 1.095 g kg⁻¹de suelo, lo que clasifica como suelo libre de carbonatos, por ende, el contenido de carbonatos en los suelos no constituye un factor limitante para el rendimiento de las especies agrícolas. El análisis estadístico de Kruskal-Wallis, determinó que no hay relación en el contenido de carbonatos con los usos de la tierra. En las muestras a profundidad se observó que existen mayor cantidad de carbonatos edáfico en los primeros 30cm, por lo que se recomienda mantener un manejo adecuado, y el empleo de prácticas que atenúen los procesos erosivos, para evitar la acumulación de los carbonatos en horizontes superficiales. Se creó el mapa temático de distribución espacial de los carbonatos por interpolación mediante el método IDW, logrando apreciar una mayor acumulación de carbonato edáfico en las áreas de Bosque seco Natural.

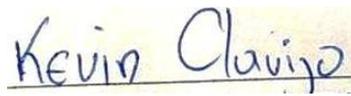
Palabras Claves: *Carbonato edáfico, uso de la tierra, Aridisol.*

ABSTRACT

The presence and distribution of edaphic carbonates in relation to land uses is evaluated in the Rio Verde Center for Production and Practices of the Santa Elena Peninsula State University, a representative area of the Zapotal river basin. Two types of samplings were carried out, spatial (0-30 cm; one hundred observations) and vertical (0-10, 10-20, 20-40, 40-60 and 60-100 cm; ten observations) The samples were analyzed in the Soil and Water Laboratory of the Santa Elena Peninsula State University, by gasometry, Bernard's calcimeter method. Values were found in a range of 0.00 to 1.095 g kg⁻¹ of soil, which classifies it as carbonate-free soil, therefore, the carbonate content in the soils does not constitute a limiting factor for the yield of agricultural species. The Kruskal-Wallis statistical analysis determined that there is no relationship between carbonate content and land uses. In the deep samples it was observed that there is a greater amount of edaphic carbonates in the first 30 cm, so it is recommended to maintain proper management, and the use of practices that attenuate erosive processes, to avoid the accumulation of carbonates in surface horizons. The thematic map of the spatial distribution of carbonates was created by interpolation using the IDW method, achieving a greater accumulation of edaphic carbonate in the Natural Dry Forest areas.

Key Words: *Edaphic carbonate, land use, Aridisol.*

“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”.

A handwritten signature in blue ink that reads "Kevin Clavijo". The signature is written on a light-colored rectangular background that has been highlighted in yellow.

Kevin Clavijo Narváz

INDICE GENERAL

Introducción.....	1
Problema científico	3
Hipótesis	3
Capítulo: Revisión Bibliográfica.....	4
1.1 Suelo	4
1.1.1 Materiales orgánicos del suelo	4
1.1.2 Materiales inorgánicos del suelo	5
1.1.3 Estructura del suelo	5
1.1.4 Tipo de suelo	6
1.1.5 Clase.....	6
1.1.6 Grado de desarrollo	6
1.2 Acidificación y alcalinización del suelo	6
1.2.1 Acidificación	6
1.2.2 Alcalinización.....	7
1.3 Salinidad y sodificación del suelo	8
1.3 Uso de la tierra	8
1.4 Cuencas hidrográficas.....	9
1.5 Tipos de suelos en la provincia de Santa Elena	9
1.6 Formas de carbonos en el suelo	10
1.6.1 Carbono orgánico	10
1.6.2 Carbono inorgánico	11
1.7 Ciclo del carbono	11
1.8 Métodos de determinación de carbonatos en el suelo.....	12
1.8.1 Determinación de los CO_3^{2-}	12
1.9 Influencia de carbonatos en las propiedades del suelo	13
1.9.1 En las propiedades químicas	13
1.9.2 En las propiedades físicas	13
1.9.3 En las propiedades biológicas	14
1.10 Características de la cuenca del río Zapotal.....	14
1.10.1 Localización Geográfica	14
1.10.2 Hidrografía	14
1.10.3 Geología	14
1.11 Uso de un Sistema de Información Geográfica	15
1.12 Método de Interpolación.....	15
Capítulo Materiales y métodos.....	16
2.1 Ubicación del área de estudio	16
2.2 Caracterización del área de estudio.....	17
2.3 Manejo del estudio.....	18
2.4 Esquema de muestreo	18
2.4.1 Muestreo horizontal.....	18
2.4.2 Muestreo Vertical	19
2.5 Tamizado	20
2.6 Determinación de carbonatos.....	20
2.7 Cálculo de Carbonato.....	21
2.8 Elaboración del mapa de carbonato edáfico	21
2.8.1 Selección del método de interpolación.....	21
2.8.2 Generación del mapa.....	22

2.9 Análisis estadístico	22
2.9.1 Pruebas de contraste	22
2.9.2 Análisis de Kruskal-Wallis	22
2.9.3 Análisis de Friedman.....	22
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
3.1. Características del área de estudio en relación con la presencia y distribución de carbonatos edáficos.	23
3.2 Análisis de carbonatos con relación al uso del suelo (muestreo superficial)...	24
3.3 Análisis de carbonatos con relación al uso del suelo: Bosque seco natural.	26
3.4 Análisis de carbonatos con relación al uso del suelo: Ciclo corto.	27
3.5 Análisis de carbonatos en el bosque seco natural (muestreo vertical).....	30
3.5 Mapa temático de carbonatos a 30 cm de profundidad.....	34
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38
Conclusiones	38
Recomendaciones	38
Revisión Bibliográfica.....	39
ANEXOS	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características del suelo de Rio Verde según INIAP, 2016.	17
Tabla 2. Resultado del estadístico Kruskal Wallis (H) con su nivel de significación (p), carbonatos totales (g kg^{-1} suelo) en los primeros 20 cm de profundidad, en comparación con los diferentes usos de la tierra.	25
Tabla 3. Prueba de Friedman para el análisis de carbonatos a diferentes profundidades.	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de caja y bigote de carbonato total (g kg^{-1} suelo) en los usos de la tierra estudiados en Río Verde, cuenca del río Zapotal, Santa Elena, Ecuador.....	25
Figura 2. Histograma de frecuencia de carbonatos XCO_3 (g kg^{-1} de suelo) en el uso del suelo bosque seco natural en el centro de Producción y Prácticas Prácticas Río Verde, cuenca del río Zapotal, Santa Elena.....	26
Figura 3. Histograma de frecuencia de carbonatos XCO_3 (g kg^{-1} de suelo) en el uso del suelo cultivos de ciclo corto en el centro de Producción y Prácticas Río Verde, cuenca del río Zapotal, Santa Elena.....	27
Figura 4. Histograma de frecuencia de carbonatos XCO_3 (g kg^{-1} de suelo) en el uso del suelo cultivos perennes en el centro de Producción y Prácticas Río Verde, cuenca del río Zapotal, Santa Elena.	29
Figura 5. Puntos de Muestreo en Forma vertical.....	31
Figura 6. Diagrama de dispersión: distribución vertical de carbonatos XCO_3 (g kg^{-1} de suelo), en profundidad: 20, 40, 60, 80 y 100 cm, en el bosque seco natural de Río Verde, cuenca del río Zapotal, Santa Elena. Puntos: 1-2-3-4-5.	32
Figura 7. Diagrama de dispersión: distribución vertical de carbonatos XCO_3 (g kg^{-1} de suelo), en profundidad: 20, 40, 60, 80 y 100 cm, en el bosque seco natural de Río Verde, cuenca del río Zapotal, Santa Elena. Puntos: 6-7-8-9-10.	33
Figura 8. Semivariograma experimental de carbonatos XCO_3 , Río Verde, cuenca del río Zapotal, Santa Elena.....	34
Figura 9. Mapa temático de la distribución espacial de carbonatos XCO_3 (g kg^{-1} de suelo) a profundidad de 0 a 30 cm en el Centro de Producción y Prácticas Río Verde, cuenca del río Zapotal, Santa Elena. Escala 1:5000. Elaborado por: Kevin Clavijo.....	36

ÍNDICE DE ANEXOS

Imagen A 1. Muestreo Horizontal

Imagen A 2. Secado de las muestras de suelo

Imagen A 3. Muestreo Vertical

Imagen A 4. Determinación de Carbonatos

Imagen A 5. Calculo de Carbonato Horizontal

Imagen A 6. Calculo de Carbonato vertical

Imagen A 7. Tabla de frecuencia de carbonatos en la zona de Pasto Natural.

Imagen A 8. Tabla de frecuencia de carbonatos en el uso ciclo corto.

Imagen A 9. Tabla de frecuencia de carbonatos en el uso de cultivo perenne

Imagen A 10. Analisis de Agua Rio verde

INTRODUCCIÓN

Alrededor del mundo existen más de 6,100 millones de hectáreas que son zonas áridas y semiáridas, el suelo en estas zonas presenta bajo contenido de materia orgánica a causa de la insuficiente cubierta vegetal y restringida productividad (Celaya-Michel et al., 2011). Existe una gran tendencia de que estos tipos de suelo puedan sufrir grandes procesos de deforestación, degradación, desertificación y pérdida de la biodiversidad (Lambin et al., 2001).

La desertificación, es un proceso donde los suelos pierden su potencial productivo de manera total o parcial, este proceso va en aumento alrededor del mundo. Se presume que 70 % de los suelos áridos y semiáridos en estado de producción están amenazados por diversas formas de desertificación, donde la mayor amenaza son las actividades antropogénicas. Esto repercute directamente en el bienestar y el futuro alimenticio de una sexta porción de la población mundial (Granados-Sánchez et al., 2013).

El ser humano es uno de los principales promotores del cambio en la estructura de los ecosistemas y sus distintas funciones, con el objetivo de llevar actividades productivas como son la agricultura, la pesca, la minería, la ganadería entre otras.

El crecimiento agrícola, ganadero, forestal y urbano/industrial en estas zonas provoca que exista una alta alteración del suelo, induciendo a que existan acumulaciones de carbonatos y sales solubles en los suelos (Aguayo et al., 2009). A nivel global, se estima que el carbono inorgánico tiene valores de 695-930 Pg C a 1 m de profundidad en las regiones áridas y semiáridas. Estas regiones también presentan diversos minerales como son la calcita (CaCO_3), dolomita (MgCO_3), aragonita [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$] y siderita (FeCO_3), procedentes de la degradación de la roca madre o por procesos pedogenéticos de formación de carbonatos secundarios, terminando en un proceso de captura de CO_2 atmosférico (Ayala-Niño et al., 2018).

En el Ecuador el sector agropecuario sigue en constante crecimiento, teniendo a los cultivos permanentes con un crecimiento positiva del 1,35%, los cultivos de ciclo corto con crecimiento de 3,93%, y la superficie ocupada por montes y bosques registró un incremento de 1,32% (INEC, 2012)

Los carbonatos son uno de los principales componentes que provocan bajos rendimientos en cultivos, gracias a que los mismos impiden que la planta asimile los micro y macro nutrientes del suelo (fertilización), también puede provocar la muerte de su yema apical, lo que impide su respectivo desarrollo (Ibáñez, 2007).

En Ecuador gran parte de los suelos se han deteriorado por el inadecuado uso de tecnologías provocando así la disminución de la productividad de la mayoría de cultivos y donde el principal problema es la erosión, el incremento de la población y denominación de la tierra para múltiples actividades agrícolas y pecuarias han generado una marcada presión sobre la tierra acelerando los procesos de degradación de la misma. (Baquero, 2016)

La Costa ecuatoriana se caracteriza poseer zonas áridas y semiáridas por lo general los suelos son de avanzada meteorización y pobres en materia orgánica. Están sujetos a problemas como la erosión, la degradación y desertificación, además la actividad agrícola se ve limitada, los suelos al ser utilizados con los cultivos de ciclo provocan una progresiva pérdida materia orgánica, pérdida de cobertura vegetal, desgaste del suelo. (Córdova and Novoa, 1995)

Este proyecto de investigación surge con la finalidad de estimar la distribución de carbonatos en un área seleccionada de la cuenca del río Zapotal, cuyos resultados permitirán prescribir el estado del ecosistema, el grado de conservación y el grado de degradación. Es una importante aportación a la academia en la Península, por ser el primer estudio que se realiza en la provincia, esta iniciativa forma parte del proyecto “Propuesta de sitios promisorios para la conservación y secuestro de carbono en la Península de Santa Elena” cuyo objetivo es cuantificar las reservas de carbono en la zona de estudio y proveer información útil en la toma de decisiones para la ejecución de proyectos agropecuarios dentro de la zona.

Problema científico

¿En qué proporción el uso de la tierra influye en la presencia y distribución de los carbonatos edáficos en la cuenca Zapotal?

Hipótesis

El uso de la tierra influye de manera significativa en la presencia y distribución de los carbonatos edáficos en la cuenca Zapotal

Objetivo General

Evaluar la presencia y distribución de los carbonatos y su relación con el uso de la tierra en la cuenca del río Zapotal de la Provincia de Santa Elena.

Objetivos específicos

1. Determinar la presencia y distribución de los carbonatos en la cuenca del río Zapotal de la Provincia de Santa Elena.
2. Valorar la influencia del uso de la tierra en la distribución del carbonato edáfico.
3. Elaborar un mapa de carbonato edáfico del Centro de Producción y Prácticas Río Verde de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

CAPÍTULO: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Suelo

Jiménez (2001) menciona que el concepto expuesto por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1998) en el cual se define al suelo como cuerpo natural que sirve de soporte a las plantas. Está formado por una fase sólida (materia orgánica y mineral), la fase líquida y gaseosa. Esta estructuralmente organizado en horizontes o capas de material distinto al de la roca madre. Este mismo autor resalta un concepto más actualizado el cual refiere al suelo como “ente natural independiente cuya formación y propiedades son el resultado de la interacción de factores como el clima, relieve, tiempo y organismos vivos sobre la roca madre”.

1.1.1 Materiales orgánicos del suelo

El material de origen orgánico presente en un suelo se encuentra conformado por materia orgánica viva y no viva. Este tipo de materia es de origen “animal o vegetal” adicionado los compuestos resultantes del proceso de descomposición. El material orgánico puede incluir fracciones que provienen de la descomposición parcial o completa de los residuos orgánicos, seguido de un proceso de síntesis microbiana formando sustancias húmicas (de tonalidad oscura y elevado peso molecular), o simplemente “*humus*” (FAO, 2000).

El concepto de material orgánico según Navarro et al(1995) o humus es lo que consideran el material o porción orgánica que desempeña una función clave en el suelo. Sin embargo se especifica que el término humus se refiere a las sustancias orgánicas negruzcas que son estrictamente de origen vegetal.

El humus tiene efecto sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, físicamente ayuda a la formación de agregados dando así estabilidad a su estructura, permitiendo el intercambio gaseoso, retención de del agua gracias a acoplamiento de arcillas; en el aspecto químico: se eleva la capacidad de cambio, la capacidad tampón y la reserva de nutrientes además de contribuir en los procesos de mineralización, en el aspecto biológico: representa fuente de nutrientes para el desarrollo de la vida vegetal y para los microorganismos presentes en el suelo, tal como los sugiere (Graetz, 1997).

La mineralización de los residuos orgánicos se dan gracias a la microflora del suelo, este proceso consiste en reintegrar los minerales al suelo. El equilibrio que exista entre los procesos de humificación y mineralización determinan su buena capacidad agrícola, siendo los más aptos aquellos en los que ambos procesos se dan con alta velocidad

1.1.2 Materiales inorgánicos del suelo

El suelo es un sistema diverso, complejo, integrado y heterogéneo, constituido por minerales y material inorgánico (óxidos de hierro, silicio y aluminio) que participan en una serie de procesos complejos. La desintegración de rocas o minerales originarios dan como resultado la formación de coloides inorgánicos que sirven de depósito de agua y minerales (Ingraham, 1998)

Según Manahan (2006) los minerales más comunes son los carbonatos de calcio y magnesio y óxidos de manganes, la ortoclasa ($KAlSi_3O_8$), el cuarzo dividido (SiO_2), la albita ($NaAlSi_3O_8$), la geotita ($FeO(OH)$), la epidota ($4CaO \cdot 3(AlFe)_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot H_2O$), la magnetita (Fe_3O_4).

1.1.3 Estructura del suelo

Jiménez (2001) señala que es la distribución y estructuración de las partículas que conforman el suelo, las cuales se unen para formar agregados naturales. Para Gliessman *et al.* (1998) los agregados o partículas se agrupan de diferentes maneras, formas y tamaños formando la estructura del suelo. Los agregados más grandes se los encuentran a mayor profundidad de suelo. Jiménez (2001) indica que la estructura de suelo se clasifica en base a 3 parámetros, que son: clase, tipo y grado de desarrollo.

1.1.4 Tipo de suelo

Según Gliessman *et al.* (1998) los tipos o patrones que los agregados suelen presentar son las siguientes descritas en la Tabla 1.

Tabla 0. Patrones de agregación de suelo

TIPO	UBICACIÓN
Laminar	Puede ocurrir en cualquier horizonte.
Prismática	Es común en subsuelos de regiones áridas y semiáridas.
Columnar	Es común en subsuelos de regiones áridas y semiáridas.
Bloques	Es común en subsuelos pesados de regiones húmedas.
Granular	Es característica de suelos superficiales con buena labranza.
Grumosa	Es característica de suelos superficiales con buena labranza.

Fuente: Gliessman et al., (1998 pág. 107)

1.1.5 Clase

En esta clasificación se considera las dimensiones de los agregados y se clasifica en muy gruesa, gruesa, fina y muy fina, establecidas por un escala en milímetros que va desde menos de 1 hasta más 10 mm (Jiménez, 2001).

1.1.6 Grado de desarrollo

Según Jiménez (2001) este término se refiere a la resistencia de que tienen los agregados al ser sometidos a una determinada presión, se clasifica en débil, moderado y fuerte. (Zúñiga, 1999) indica que existen factores que indican en su desarrollo como el clima, el relieve, tiempo, roca y organismos.

1.2 Acidificación y alcalinización del suelo

1.2.1 Acidificación

La acidificación del suelo puede darse por causas naturales, las lluvias diluyen los cationes básicos desplazándolos hacia los acuíferos. Los suelos se acidifican además por efecto de las lluvias ácidas en zonas de alto grado de industrialización; el uso de fertilizantes químicos que liberan nitratos por la oxidación del componente amonio y finalmente por la degradación de materia orgánica gracias a la actividad microbacteriana que disuelven el CO₂ en el suelo y liberan iones hidrógeno (Doménech y Peral, 2006).

Los periodos largos e intensos de lluvias, la deposición ácida, la deforestación (FAO, 2016), la aplicación descomunal de fertilizantes amoniacales y nitrogenados (Haynes y Mokolobate, 2001) o por la extracción de bases por la demanda de los cultivos son las principales causas de la acidificación en los suelos (Haynes y Mokolobate, 2001)

Según Zapata (2004) el proceso de formación de un suelo ocurre simultáneamente el fenómeno de meteorización química en la que se reducen los cationes alcalinos y alcalino-térreos (Calcio, Potasio, Sodio, Magnesio) y aumentan los cationes metálicos (Hierro, Aluminio, Manganeso) cationes que son propensos a sufrir hidrólisis ácida lo que conlleva básicamente a un incremento en la acidez de un suelo.

Los suelos ácidos contienen mayor concentración de iones hidrógenos (H) con respecto a los iones hidroxilo (OH), iones que son los que establecen las reacciones del suelo. Los nutrientes presentes en los suelos ácidos tienden a precipitar o se vuelven insolubles haciéndolos inaprovechables para las plantas, lo que se traduce en problemas de fertilidad (Arias, 2001). En suelos agrícolas de las zonas tropicales húmedas el efecto de la acidez es progresivo a causa del uso de materiales ácidos, percolación del agua y la extracción de cationes, las bases intercambiables (K, Mg, Ca y Na) son reemplazadas por iones de H y Al (Fassbender, 1994)

En conclusión, en condiciones áridas y semiáridas los procesos de acumulación predominan sobre los de lavado, por lo que no deben existir suelos ácidos, solo posibles como resultado de un largo manejo en el tiempo que implique un cambio importante del régimen hídrico. Sin embargo, bajo cultivo intensivo, sí se puede esperar la disminución paulatina del pH en la zona radicular con el tiempo, y su variación deberá estar relacionada con la fracción de lavado, la extracción de bases por la cosecha, el empleo de fuentes de fertilizantes con efecto residual ácido y la textura y capacidad búfer del suelo.

1.2.2 Alcalinización

El término alcalinización es el aspecto contrario a la acidez del suelo, se puede definir alcalinización a la reducción de la acidez gracias a la adición de cal agrícolas que son compuestos que no dejan residuos o restos contaminantes en el suelo, los más utilizados son los carbonatos e hidróxidos de calcio o magnesio (Blaya y García, 2003).

1.3 Salinidad y sodificación del suelo

Courel G (2019) los suelos salinos son aquellos que poseen cantidades considerables de sales, condición que dificulta el crecimiento de cultivos. Se considera que un suelo es salino cuando su conductividad eléctrica (CE) > 4 dS/m. Dentro de las causas naturales de este caso resulta ser el resultado de la meteorización de material original del suelo con características salinas por lo general es característico en zonas áridas, semiáridas y con sequías prolongadas; la cercanía al mar también ejerce una gran influencia por su gran aporte de sales. También existen causas antrópicas con el uso de fertilizantes, mal uso del agua de riego, uso de aguas industriales salinas.

Vincent et al (2006) afirman que la salinidad de los suelos está presente en la mayoría de los sistemas de riego. Esta problemática se agudiza cuando se asocia con aspectos como: aridez, mala calidad del agua y falta de drenaje en suelos y acuíferos.

Los suelos sódicos según Courel G (2019) son aquellos suelos que contienen gran cantidad de sodio intercambiable, el cual logra desplazar otras bases del complejo adsorción. Condición que dificulta el crecimiento de plantas, altera las propiedades y estructura del suelo y pérdida de fertilidad (Qadir et al., 2006).

La provincia de Santa Elena se caracteriza por ser una zona semiárida, debido a sus características edafoclimáticas y su cercanía al perfil costanero presenta problemas de salinización en los suelos. Las escasas precipitaciones (260.4 mm/año) y el problema con la calidad del agua en las áreas bajo riego intensifican sus efectos negativos en el suelo provocando una disminución en la productividad de los cultivos (Lino, 2019).

1.3 Uso de la tierra

La utilización de la tierra implica el uso actual que se le dé a la misma, ya sea para actividades agrícolas o no, en donde el suelo se delimite, que tendrá como clase primordial de uso la agricultura, pastizales, forestal o recreo que está definido por especificaciones técnicas que hacen referencia a sus aspectos socioeconómicos y biofísicos (Richters, 1995).

1.4 Cuencas hidrográficas

Se la define como el espacio de terreno limitado por las partes más elevadas de las laderas, colinas y montañas, en las que se desarrolla un sistema de drenaje que acumula sus cauces en un río principal el que posteriormente se integra al lago mar u otro río de mayor tamaño, en una cuenca hidrográfica se ubicarán los recursos naturales como agua, suelo y vegetación en donde el hombre habita y realiza todas sus actividades (Francisco, 2000).

1.5 Tipos de suelos en la provincia de Santa Elena

Kuperman (2014) menciona que los órdenes de suelos presentes en la provincia son los siguientes:

Aridisol: Ocupan el 32% del territorio, suelos de la cuenca media y baja del río Zapotal. Su textura varía desde suelos arcillosos, francos arcillosos, franco-arenosos a francos limosos. En su mayoría son suelos poco fértiles, pero existe un porcentaje menor de suelos de fertilidad media.

Entisol: Representan en 14 % del área total, la mayoría de su superficie se ubica en la terraza media del río Javita, su textura es variable, siendo desde arenosas, franco-arenosos, franco-arcillosos y franco-limosos con una fertilidad que va de baja a media.

Molisol: Ocupan un área del 2%, son suelos francos que varían de franco arcillosos a franco arenosos. Se encuentran dispersos en la provincia en relieves colinados, superficies disectadas y vertientes de mesas.

Vertisol: Ocupan el 9% del área, suelos ubicados agua arribas de la represa El Azúcar, en superficies de pendientes suaves y poseen por lo general textura arcillosa.

Inceptisoles: Ocupan un área del 37%, son suelos principalmente arcillosos, franco arcillosos y en los medios aluviales como en las terrazas y valles, se encuentran texturas franco-limosas, sus niveles de fertilidad van de baja a alta.

1.6 Formas de carbonos en el suelo

(Pérez et al., 2008) explica que la materia orgánica como la fracción orgánica del suelo que incluye residuos provenientes de plantas y animales y que se encuentran en diferentes etapas de descomposición

Los suelos de los bosques pueden almacenar grandes cantidades de carbono que podría liberarse a la atmósfera por efecto de la deforestación. Lugo y Brown (1992) comentan que la disponibilidad de C en el suelo depende de la materia orgánica que este posea y la densidad aparente del mismo, en los sitios cultivados después de haber sido deforestados normalmente pierden 60-70 % del carbono inicial.

Pérez et al (2008) menciona que estas sustancias son de descomposición rápida por lo general toma 6 a 12 meses en condiciones del trópico húmedo. El relieve también influye en la acumulación de carbonos en áreas planas o depresionales gracias al arrastre de carbonos por el agua de escorrentía en lugares de relieve abrupto.

1.6.1 Carbono orgánico

El carbono orgánico presente en los suelos simboliza una pequeña fracción del carbono que participa en el ciclo de este mismo elemento, en el cual intervienen tanto la parte geológica del suelo, la atmósfera y los océanos (Lefèvre et al., 2018).

El carbono orgánico del suelo o también denominado COS, es la fracción de carbono que se retiene en el suelo después del proceso de descomposición de restos orgánicos por acción de los microorganismos (bacterias y hongos) (FAO, 2017). De acuerdo Burbano (2018) con (Pardos, 2010) la materia orgánica del suelo es la fracción de la biosfera incorporada a la pedosfera.

Generalmente, los suelos poseen cerca de un 5% de materia orgánica, en forma coloidal y en partículas. El COS conforma cerca de los dos tercios del C fijado en los ecosistemas terrestres, el suelo representa un gran almacén de carbono en la naturaleza (Pardos, 2010).

La cantidad total de la MOS está en función del balance entre la productividad de la biomasa y la velocidad catabólica de la misma. Cuando el catabolismo es menor que la

entrada de biomasa, la materia orgánica se acumula. Si la tasa de descomposición supera a la adición de biomasa, la MOS disminuye, como ocurre en muchas áreas bajo cultivo, aunque también está influenciada en otros fenómenos como la erosión, la exportación física y la percolación (Burbano, 2018)

1.6.2 Carbono inorgánico

Todo el carbono presente en los suelos no es estrictamente de naturaleza orgánica, puesto que hay presente una fracción de carbono inorgánico importante en el ciclo biogeoquímico del carbono. El carbono inorgánico tiene una importante participación en los procesos de calcificación y producción de carbonatos en zonas áridas o semiáridas (Batjes y Sombroek, 1997).

Los carbonatos son compuestos químicos basados en carbono inorgánico, suelen emparentarse a distintos cationes, los iones más comunes y relevantes son el ion de calcio y el carbonato de calcio (CaCO_3). La cantidad de carbonatos presentes juegan un papel importantes como nutriente para organismos, también permite determinar el carácter químico de un suelo (Montañés *et al.*, 1991 citado por Ferrer *et al.*, 2016) “Los minerales de carbonato importantes en un suelos incluyen calcita (CaCO_3), dolomita [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$], nahcolita (NaHCO_3), trona [$\text{Na}_3\text{H}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$] y soda ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$)” (Sposito, 2008).

1.7 Ciclo del carbono

El ciclo del carbono en las plantas inicia cuando estas toman de la atmósfera anhídrido carbónico el cual fijan a través del proceso de la fotosíntesis, en este proceso el anhídrido carbónico reacciona con el agua formando carbohidratos, producto que lo utilizan con el fin proveer energía a la planta; se genera además oxígeno el cual se libera directamente a la atmósfera y anhídrido carbónico es expulsado por las raíces y hojas de la planta. El anhídrido carbónico también vuelve a la atmósfera por medio de la oxidación de carbono de los tejidos en descomposición de animales y plantas (FAO, 2017)

Existen procesos que contribuyen a aumentar el contenido de COS del suelo como: la humificación, deposición de sedimentos y la generación de agregados, sin embargo

procesos como la lixiviación, la erosión y la descomposición de material vegetal provocan una disminución del mismo, una parte del carbono pasa a la atmosfera en forma de CO₂ y la otra parte se integran a restos en descomposición los cuales posteriormente forman ácidos húmicos, fúlvicos y huminas (Segura et al., 2005)

El carbono orgánico del suelo juega un papel primordial en el aspecto biológico de la naturaleza, constituye el alimento de una gran variedad de formas de vida, los microorganismos principalmente se ven influenciados por los ciclos del carbono. El ciclo largo que por lo general se necesitan milenios para lograr producir carbono a través del desgaste de rocas y la disolución de carbonatos en océanos y superficies terrestres, y el ciclo corto que cumple el mismo fin, pero en períodos de tiempo más corto: años o décadas. (FAO, 2017)

La descomposición del carbono es un proceso de desintegración engloba a su vez dos subprocesos simultáneos: por un lado, la fragmentación de partículas de un tamaño mayor en otras cada vez menores, y por otro lado el catabolismo de los compuestos orgánicos. Los microorganismos del suelo son los encargados de la producción de biomasa microbiana y reintegrar compuestos inorgánicos al sistema, procesos vinculados a la producción primaria y secundaria de carbono.

1.8 Métodos de determinación de carbonatos en el suelo

1.8.1 Determinación de los CO₃²⁻

1.8.1.1 Método de pérdida de peso en medio ácido

Lamas (2003) indica que este procedimiento se fundamenta en el tratamiento de suelos calcáreos con ácido clorhídrico diluido. En la reacción se descompone de todo el material cálcico y debido a ello la precisión del cálculo de contenido de carbonatos es imperfecto. Para determinar la cantidad de carbonatos en el suelo por medio de una muestra se realizan los siguientes pasos:

- 1 Tratar una cantidad de suelo (muestra) de peso conocido con ácido clorhídrico diluido.
- 2 Lavar la muestra resultante de la reacción con agua destilada.
- 3 Secar la muestra y pesarla.

La cantidad de carbonatos la calculamos empleando la siguiente expresión dada por Lamas (2005):

$$C = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

1.8.1.2 Método calcímetro por volumen: calcímetro de Bernard

Para este método se emplea ácido clorhídrico sobre una muestra de suelo para la determinación gasométrica del dióxido de carbono, el cual debe ser calibrado previamente con carbonato (Saus, 1997). Para ello se utiliza una bureta medidora de gases conectada a un matraz, el cual medirá el volumen de anhídrido carbónico desprendido por la reacción de la muestra con el HCl al 59 % de concentración, teniendo en cuenta la calibración previa con carbonato de sodio como reactivo (Arteta, 2015).

1.8.1.3 Método calcímetro por presión

El fundamento del ensayo está establecido por el cálculo del aumento de la presión resultante de dióxido de carbono (Lamas, 2005). Este aumento se obtiene a partir de la adición de un medio ácido diluido (HCl) sobre el carbonato que contiene la muestra (Omari et al., 2016). El proceso se realiza en un ambiente cerrado (bureta, matraz, tubo de ensayo, etc.), con volumen conocido y no variable. Para la determinación de la cantidad de dióxido de carbono producida se emplea la ley general de los gases (Lamas, 2005).

1.9 Influencia de carbonatos en las propiedades del suelo

1.9.1 En las propiedades químicas

Los carbonatos tienen una evidente influencia sobre el pH del suelo y la capacidad de este de absorber diversos nutrientes, como lo son el fósforo, potasio, hierro, manganeso, cinc y boro (Saus, 1997).

1.9.2 En las propiedades físicas

Tienen un efecto importante en la agregación de partículas, habiendo una relación entre el tamaño de los agregados y el contenido de carbono en consecuencia esto afecta

directamente a la porosidad, la retención y disponibilidad del agua y la capacidad para contener agua (Martínez et al., 2008).

1.9.3 En las propiedades biológicas

Los carbonatos ofrecen a los microorganismos recursos esenciales para su actividad biológica, dicha actividad influye en la movilidad, solubilidad y disponibilidad de nutrientes para las plantas (Martinez et al., 2015)

1.10 Características de la cuenca del río Zapotal.

1.10.1 Localización Geográfica

La cuenca del río Zapotal abarca una superficie aproximada de 1070 km², en la región litoral o costa del Ecuador, concerniente a la provincia de Santa Elena, limita por el norte la cuenca del río Javita, al sur por el estuario del río Guayas, al este por el Golfo de Guayaquil y al oeste por la comuna Baños de San Vicente. (Ayala, 2014).

1.10.2 Hidrografía

La cuenca hidrográfica del río Zapotal, está conformada por pequeños ríos y quebradas de corto trayecto, pocos profundos, estrechos y temporales que desembocan en el océano Pacífico, cuyos caudales dependen de la estación invernal regional y de la reunión de pequeños cauces originados en las cabeceras de la cordillera de Chongón-Colonche definiendo un área de influencia para la cuenca del río Zapotal de 1034,48 Km² Los principales rasgos hidrográficos en la zona de estudio, son los ríos Javita y Zapotal. (Pin y Luis, 2016).

1.10.3 Geología

La cuenca del río Zapotal geomorfológicamente está definida como una meseta costera representada por llanura o planicie semi ondulada. Se caracteriza por las siguientes formaciones geológicas: Grupo Azúcar (Paleoceno-Eoceno Medio). Conformado por tres unidades primordiales: Estancia (inferior), Chanduy (intermedia) y Engabao (superior) (Pin y Luis, 2016).

Formación Estancia. Es la unidad basal del Grupo Azúcar y consiste en areniscas interestratificadas, limonitas y lutitas, en orden de importancia.

Formación Chanduy. Esta formación constituye la parte media del Grupo Azúcar y consiste principalmente de conglomerados que alternan con algunos lentejones arenosos y lutíticos.

Formación Engabao. Parte superior del Grupo Azúcar con características litológicas similares a la formación Estancia con la que se confunde fácilmente. La litología de esta formación está representada por una serie de areniscas de color gris oscuro a marrón, con intercalaciones centimétricas de lutitas y de conglomerados.

1.11 Uso de un Sistema de Información Geográfica

El SIG es una herramienta que permite gestionar la información espacial, su fácil manejo permite almacenar distintas capas temáticas independientemente para así poder trabajar con ella de forma rápida y sencilla. Existen varios usos del SIG como son: almacenamiento, visualización, consultas, análisis, toma de decisiones y modelización (Tomalá, 2020).

1.12 Método de Interpolación

El principal objetivo de la interpolación es generar información en lugares no medidos a partir de datos incompletos en el dominio espacial, con el fin de crear mapas temáticos, que muestren el comportamiento espacial de la distribución de los carbonatos en los suelos del Centro de Producción y Prácticas Río Verde.

La interpolación de este método es una combinación lineal que tiene en cuenta la distancia entre puntos conocidos y los desconocidos a estimar asignando pesos en función a dicha distancia.

CAPÍTULO MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación del área de estudio

.La cuenca es considerada una de las regiones áridas de la costa ecuatoriana, tiene una morfología bastante ondulada con elevaciones relativamente bajas, además posee dos tipos de climas, tropical húmedo y tropical seco con temperaturas media de 23°C a 25°C (Ayala y Mauricio, 2014).

El Centro de Producción y Prácticas Río Verde de la Universidad Estatal Península de Santa Elena(UPSE), está ubicado en la comunidad Río Verde, a 25 km del cantón Santa Elena, a una altura de 54 msnm aproximadamente, con topografía plana y pendiente mayoral 1%; el área total es de 40 ha. y sus coordenadas geográficas centrales son: Latitud-2.304865 y Longitud-80.698966, Datum W6584 (Cruz Tomalá, 2019).

La cuenca del río Zapotal se caracteriza por tener dos grandes grupos de suelo; como son el Inceptisol y el Aridisol, siendo el Aridisol el de mayor cobertura. Por el alto grado de similitud geofísica que posee con respecto a su cuenca y por las facilidades de acceso y permisos el presente estudio se realizó las instalaciones del Centro de Producción y Prácticas Río Verde de la Universidad Estatal Península de Santa Elena dicho lugar presentan suelos del grupo Aridisol.



Imagen 1. Zona de estudio: Centro de Producción y Practicas Río Verde.

2.2 Caracterización del área de estudio

La comuna Río Verde se caracteriza por presentar dos estaciones durante todo el año, la época lluviosa (Diciembre - Abril) con precipitaciones aproximadas de 125 a 150 mm/año y la época seca (Mayo- Noviembre) con pequeñas lloviznas de 0,2 mm/mes que se encuentran acompañando a la corriente fría de Humboldt. Según el análisis de suelo del área en estudio en los laboratorios de la Estación Experimental del Litoral Sur “Dr. Enrique Ampuero Pareja”, del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP, 2016) el suelo presenta las siguientes características:

Tabla 1. Características del suelo de Río Verde según INIAP, 2016.

Clase textural	Franco arcillo - arenoso
Arena	62%
Limo	18 %
Arcilla	22 %
pH	6,7
Nitrógeno	49 µg/ml (alto)
Fósforo	20 µg/ml (Medio)
Potasio	229 µg/ml (Alto)
Materia orgánica	1.6 µg/ml (Bajo)

2.3. Usos de la tierra

El centro de Producción y Prácticas Río Verde tiene un área aproximada de 50 ha, que son destinadas para distintos usos como son: agricultura, ganadería menor, conservación forestal e infraestructura. Los tres usos principales del uso de la tierra se describen a continuación.

2.3.1. Bosque seco tropical

El área de bosque seco natural abarca aproximadamente 34 ha, se caracteriza por poseer una vegetación tropical semidesértica primigenia, árboles, arbustos, hierbas y especies xerofitas. Dentro de las especies encontradas están: el muyuyo (*Cordia lutea*), el algarrobo (*Ceratonia siliqua L.*), el cascol (*Libidibia corimbo*), el ciruelo (*Prunus domestica*), cactus (*Acanthocalycium sp.*).

2.3.2. Cultivos de ciclo corto

La zona destinada a cultivos de ciclo corto posee un área de alrededor de 6 ha, la topografía es de pequeñas pendientes por lo general se siembra cebolla (*Allium cepa*), maíz (*Zea mays*), sandía (*Citrullus lanatus*), pimiento (*Capsicum annuum*), tomate

(*Solanum lycopersicum*), entre otros. Estos cultivos son manejados bajo riego por goteo y fertilización química.

2.3.3. Cultivos perennes

Aquí se encuentran plantaciones de limón (*Citrus lemon*), mango (*Mangifera indica*), cacao (*Theobroma cacao*) y plátano (*Musa paradisiaca*) bajo sistema de riego por goteo y manejados con fertilización química, existe una cubierta de hojarasca en el suelo y áreas bajo sombra por la presencia de varios árboles frondosos, toda esta área ocupa alrededor de 10 ha.

2.3 Manejo del estudio

La selección de los puntos de muestreo para el estudio de suelo en la cuenca del río Zapotal (Rio Verde) responde a los criterios de muestreo aleatorio estratificado. Los criterios de estratificación son:

- Delimitación de la cuenca, subcuenca y microcuenca hidrográfica. Mapas del Instituto Espacial Ecuatoriano del 2012(IEE, 2012).
- Subgrupo de suelo. Mapa Geopedológico. Proyecto de Generación de Geoinformación para la gestión del Territorio Nacional a escala 1:25000.
- El uso de la tierra y vegetación a partir del mapa geopedológico (IEE, 2012)
- vertical con el fin de analizar la distribución de los carbonatos a profundidad.

2.4 Esquema de muestreo

El esquema de muestreo da respuesta a los objetivos del proyecto al que tributa el presente estudio, orientado a la estimación de las reservas de carbono orgánico e inorgánico.

Para ello, y de acuerdo con los objetivos, interesa la distribución horizontal de los carbonatos en la zona de las raíces (muestreo superficial) y su distribución en profundidad (muestreo vertical).

2.4.1 Muestreo horizontal

El muestreo se llevó a cabo en un área total de 50 ha que es la extensión territorial del Centro de Producción Prácticas y Rio Verde, en los tres usos de la tierra mencionados: cultivos de ciclo corto, perennes y el bosque seco natural. Con la barrena edafológica se recoge una pequeña cantidad de suelo de los primeros 30 cm de profundidad, cada

muestra debe tener un distanciamiento de entre 50 a 100 m. Se extrajo en total 100 muestras horizontales, de las cuales se seleccionaron 95 por considerarse datos representativos dentro de la población de estudio, dichas muestras se colocaron en fundas herméticas con su respectiva etiqueta para identificar el lugar y el número de muestra; para luego ser trasladadas al laboratorio de suelo y agua de la Universidad Estatal Península de Santa Elena para su respectivo análisis.



Imagen 2. Distribución de puntos de muestreo (horizontal) en el Centro de Producción y Prácticas Río Verde.

2.4.2 Muestreo Vertical

Se llevó a cabo el muestreo aleatorio compuesto en el área de bosque seco natural de Río Verde. Este tipo de muestreo consistió en tomar tres repeticiones de un mismo punto en un radio de 1 m para las profundidades 0 a 10, 10 a 20, 20 a 40, 40 a 60 y 60 a 100 cm. En total se obtuvo 10 muestras de suelo inalteradas en cilindros de 100 cm^3 , por cada punto marcado a una distancia mínima de 50 m

Las muestras fueron pesadas, etiquetadas y colocadas en su respectiva funda hermética para luego ser trasladadas al laboratorio de suelo y agua para el análisis de carbonatos.



Imagen 3. Distribución de puntos de muestreo (vertical) en el Centro de Producción y Prácticas Río Verde.

2.5 Tamizado

Las muestras de suelo tienen que tener un diámetro ≤ 2 mm, por lo que primero se secan las muestras al aire libre para eliminar la humedad retenida, para luego pasar por el tamiz y así apartar los agregados del suelo.

2.6 Determinación de carbonatos

Se determinó la presencia de carbonato en el suelo mediante el método por gasometría utilizando el calcímetro de Bernard. Primero se calibra el calcímetro Bernard diluyendo 340 mL de HCl concentrado ($\rho = 1.19$ g/mL) con agua destilada (0.2 mS/m) hasta llegar a los 1000 mL. Luego se llenan las buretas y los vasos del calcímetro Bernard con 3 mL de agua. El grifo debe estar en dirección horizontal.

Una vez calibrado el calcímetro se coloca 2.5 g de muestra de suelo en el matraz Erlenmeyer; para consiguientemente colocar un tubo de ensayo con un 1 mL de ácido clorhídrico. Tapar rápidamente con el tapón y agitar durante cinco minutos. El gas producido (CO_2) desplaza el fluido en la bureta graduada y se anota el volumen en mm.

2.7 Cálculo de Carbonato

El contenido de carbonato se calcula con la siguiente fórmula:

$$w(\text{CaCO}_3) = 1000 \times \frac{m_2 (V_1 - V_3)}{m_1 (V_2 - V_3)} \times \frac{100 + w(\text{H}_2\text{O})}{100}$$

Donde:

w (CaCO₃) = el contenido de carbonato, en gramos/kilogramo, del suelo secado al horno.

m₁= la masa, en gramos, de la porción de prueba.

m₂= la masa media, en gramos, de los estándares de carbonato de calcio.

V₁= el volumen, en mililitros, de dióxido de carbono producido por reacción de la porción de prueba.

V₂= el volumen promedio, en mililitros, de dióxido de carbono producido por los estándares de carbonato de calcio.

V₃= el cambio de volumen, en mililitros, en las determinaciones en blanco (este valor puede ser negativo).

w (H₂O)= el contenido de agua, expresado como porcentaje en masa, de la muestra seca.

2.8 Elaboración del mapa de carbonato edáfico

2.8.1 Selección del método de interpolación

Una cuestión clave en la interpolación es la selección del método a emplear, el cual depende de varios factores como la naturaleza de la variable, el número de puntos a interpolar, la relación de dependencia de los puntos (estructura espacial), y otros.

El semivariograma experimental se determinó mediante el software RStudio, para todo el conjunto de datos. Se verificó la existencia o no de estructura espacial en los datos, es decir, si están o no correlacionados espacialmente a la escala de medición.

Se seleccionó el método de la Distancia Inversa Ponderada (IDW) para la interpolación del mapa temático, dado a que no existe correlación en la estructura espacial de los datos de carbonatos, por lo que se asume que estos se distribuyen de manera aleatoria a la escala de medición y por lo tanto la media es un buen estimador (Biblio),.

2.8.2 Generación del mapa

El mapa se realizó con el software QGIS a partir de la información generada anteriormente, a fin de estudiar la presencia y distribución de los carbonatos de forma espacial en los primeros 30 cm.

2.9 Análisis estadístico

2.9.1 Pruebas de contraste

Se utilizó esta herramienta básica para el estudio del efecto de uno o más factores (cada uno con dos o más niveles) sobre la media de una variable continua. Es por lo tanto la prueba estadística a emplear cuando se desea comparar dos o más poblaciones. Se empleo este análisis de varianza en cada uno de los resultados independientes obtenidos de cada uso del suelo: bosque seco natural, cultivos de ciclo corto y cultivos perennes.

2.9.2 Análisis de Kruskal-Wallis

Para determinar si existe diferencias significativas de la presencia de carbonatos en relación diferentes usos de suelo estudiados: bosque seco natural, cultivos de ciclo corto y cultivos perennes, se utilizo el análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis que permite establecer si varias muestras independientes provienen de una misma población comparando sus rangos.

2.9.3 Análisis de Friedman

Se llevó a cabo una prueba de rangos de Friedman que es una prueba no paramétrica de comparación de tres o más muestras relacionadas para comparar los contenidos de carbonatos a diferentes profundidades.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Características del área de estudio en relación con la presencia y distribución de carbonatos edáficos.

El Centro de Producción y Prácticas Río Verde posee un área que puede considerarse representativa de la cuenca del río Zapotal, en la cual se estableció esta investigación, en dicha área se encontraron características generales del sitio que coinciden con las distintas particularidades del río Zapotal, en cuanto a su formación y usos de la tierra relacionados con la distribución de los carbonatos edáficos.

Según (Águila and Carolina, 2013), la cuenca del río Zapotal posee un marcado déficit de humedad, debido a la alta evapotranspiración y las escasas lluvias. En este contexto, de régimen de humedad del suelo arídico y régimen de temperatura del suelo isohipertérmico, se propicia la acumulación de carbonatos a distintas profundidades del suelo.

De acuerdo al mapa geopedológico en la unidad geomorfológica predominan suelos del orden Aridisol (IEE, 2012) lo que concuerda con lo descrito por Balmaseda y Ponce de León (2019) en su estudio de las características de los suelos de Río Verde, clasificándolos en el orden taxonómico de los Aridisoles, subgrupos: Arenic Haplargids – Typic Haplocambliids), en base a sus características morfológicas y las propiedades físicas y químicas.

Dichos suelos poseen bajos contenidos de materia orgánica, resultado de las condiciones climáticas y una vegetación semi desértica (Ayala, 2014), (Balmaseda and Ponce de León, 2019) señalan que los suelos de la zona estudiada presentan una degradación más expedita, observándose a través del resultado de la relación entre los procesos de erosión hídrica y eólica, la dinámica de la vegetación y el clima.

Ambos muestreos: el horizontal o superficial y el vertical arrojaron como resultado la presencia de carbonatos en la zona de estudio. Sin embargo, las cantidades de carbonatos encontrados son muy bajas, no sobrepasan los $1,095 \text{ g kg}^{-1}$ suelo (Imagen A 7. Tabla de frecuencia de carbonatos en la zona de Pasto Natural).

Valores que responden a las características edafoclimáticas y flora de Río Verde. No existe una estación lluviosa marcada, los 129 mm/añal de lluvias no son significativos para considerar pérdidas de carbonatos por lixiviación, en las regiones áridas y semiáridas la evapotranspiración potencial es mayor que la precipitación lo que genera déficit de agua en el suelo, con precipitaciones menores a 380 mm anuales no se logra el lavado de bases y/o sales al contrario éstas se acumulan, posteriormente ascienden por capilaridad y forman suelos salinos(Jaramillo, 2002). Estos factores permiten que la distribución de carbonato no sea tan uniforme en el suelo, siendo diferentes en distintas zonas y a distintas profundidades de acuerdo con (Bouza, 2012) quien señala que la presencia y distribución de carbonatos está influenciada por disponibilidad del agua en el suelo, la vegetación, la descomposición de materia orgánica y por ende la temperatura, factores que son modificados por el uso de la tierra: agricultura, minería, construcción, forestal, entre otros (Richters, 1995).

Los suelos con presencia de carbonatos pedogenéticos son propios de las regiones con clima seco o suelos ricos en calcio (material parental). Por lo general los carbonatos son de color blanco y se reconocen tres tipos morfológicos de carbonatos: masas blandas de polvo, nódulos y revestimientos en caras ped (Mujinya et al., 2011) . Dadas las condiciones de Río Verde los carbonatos encontrados son de tipo: masas blandas de polvo, estructuras producto de procesos abióticos, (Kane, 2015) señalan que la precipitación de carbonatos resulta exclusivamente de cambios de temperatura, humedad y CO₂ no relacionados con la actividad biológica. (Singer and Nonnrsn, 1974) comentan que en los suelos jóvenes por lo general se encuentran menor cantidad carbonatos en comparación con suelos viejos que presentan una acumulación progresiva de carbonatos con el transcurrir de los años.

3.2 Análisis de carbonatos con relación al uso del suelo (muestreo superficial)

El muestro superficial se realizó en los tres usos de la tierra a evaluar: bosque seco natural, ciclo corto y cultivos perennes.

A continuación, se detallan los resultados del estadístico H. La prueba no paramétrica de Kruskal Wallis reporta que la hipótesis es nula, es decir, no existen diferencias significativas entre los tres usos del suelo, para un 95% de probabilidad.

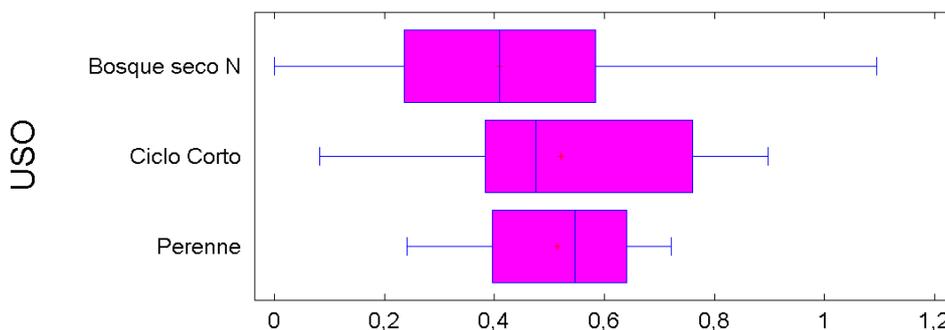
Tabla 2. Resultado de la prueba Kruskal Wallis (H) y nivel de significación (p), para las observaciones de carbonatos totales (XCO_3 g kg^{-1} suelo) en los primeros 30 cm de profundidad y diferentes usos de la tierra.

Variable	Uso	N	Medias	D.E	Medianas	H	p
XCO_3	Ciclo corto	10	0,52	0,24	0,47		
XCO_3	Bosque seco natural	70	0,41	0,26	0,41	3,87	0,1442
XCO_3	Perenne	14	0,51	0,15	0,55		

Como observamos en el diagrama de caja y bigote (figura 1) las medianas en los tres casos (bosque seco natural, ciclo corto, cultivos perennes) son muy cercanas, por lo que no se considera que exista diferencia significativa para esta comparación.

Según los valores de las medianas como medida de tendencia central, se obtienen 0,47 g kg^{-1} suelo en ciclo corto, con el mayor espacio intercuartil, 0,40 g kg^{-1} suelo en el bosque seco, con la mayor dispersión y 0,54 g kg^{-1} suelo en cultivos perennes, con una menor

disper
sión y
rango
inter
cuartil



XCO_3 (g kg^{-1} suelo)

Figura 1. Diagrama de caja y bigote de carbonato total (g kg^{-1} suelo) en los usos de la tierra estudiados en Río Verde, cuenca del río Zapotal, Santa Elena, Ecuador

De lo anterior se deduce que el cultivo perenne tiende a disminuir la variabilidad intrínseca del suelo en cuanto a la distribución superficial de carbonatos edáficos, lo cual ocurre con otras variables (Valbuena Calderón et al., 2008), mientras que el bosque

seco natural se distribuye en aglomerados o parches, expuestos a la variabilidad climática (Castillo et al., 2009; Escribano-Ávila, 2016)

Los carbonatos son componentes importantes de los suelos de zonas áridas y semiáridas, se presentan gracias a la escasez de lluvia y la evapotranspiración constante del agua permitiendo así su acumulación en el suelo (Robert, 2001) y formando horizontes cálcicos o semicálcicos, fenómeno al que están sometidas los suelos de Río Verde. Las lluvias son esenciales para el desplazamiento y lixiviación de estos, sin embargo, las precipitaciones en la zona de estudio solo se presentan pequeñas lloviznas de no más de 0,2 mm/mes por lo que no logran ser lixiviados.

3.3 Análisis de carbonatos con relación al uso del suelo: Bosque seco natural.

El histograma de frecuencias (figura 2), para el contenido de carbonatos superficial muestra que la mayoría de los valores de carbonatos a una profundidad de 0 a 20 cm son menores a 1 g kg⁻¹ de suelo, los valores con mayor frecuencia se encuentran entre 0.275 a 0.65 g kg⁻¹ de suelo y representan un 48% del total y con menor frecuencia se encuentran los valores de entre 0.8375 a 1.2125 g kg⁻¹ de suelo, con 2.86 % del total de valores.

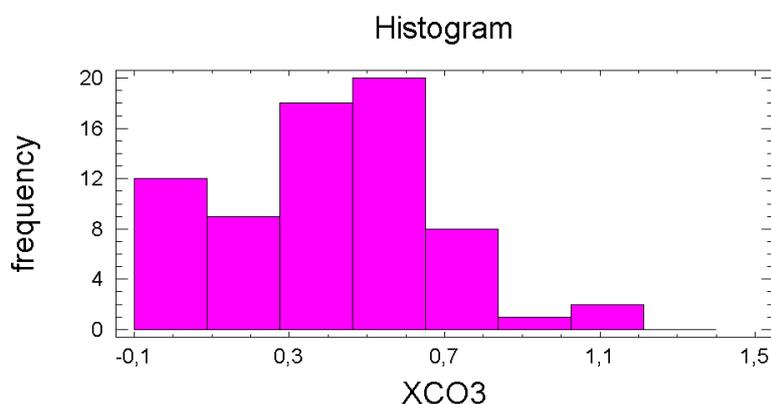


Figura 2. Histograma de frecuencia de carbonatos XCO₃ (g kg⁻¹ de suelo) en el uso del suelo *bosque seco natural* en el centro de Producción y Prácticas Río Verde, cuenca del río Zapotal, Santa Elena.

Los suelos de acuerdo a su clase se comportan de manera diferente en función a sus características físicas, químicas y biológicas, y es posible establecer correlaciones con la vegetación (Corona, 2019). El bosque seco mantiene sus condiciones naturales al no ser

sometida a ningún uso, las raíces de su vegetación influyen en las propiedades del suelo como la porosidad, hidrología, humedad y formación de agregados (Torres et al., 2013). Estos suelos áridos y semiáridos suelen tener acumulaciones de carbonatos primarios y secundarios Conjuntamente con la MOS forman y estabilizan agregados mediante la adición de calcio, esto puede alterar ciertas propiedades del suelo como: dinámica de la MO, pH y saturación de bases. (Virto et al., 2018, 2011)

3.4 Análisis de carbonatos con relación al uso del suelo: Ciclo corto.

La distribución de frecuencia de carbonatos en el uso de ciclo corto como se identifica en la Figura 3, se observa que el 72.73 % del total de valores están en 0.00 a 0.6 g kg⁻¹ de suelo y el 27.27 % corresponden a valores entre 0.6 a 1.0 g kg⁻¹ de suelo

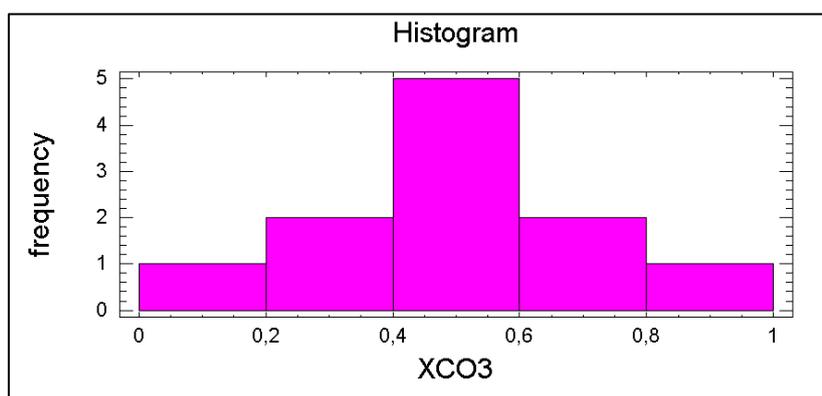


Figura 3. Histograma de frecuencia de carbonatos XCO₃ (g kg⁻¹ de suelo) en el uso del suelo *cultivos de ciclo corto* en el centro de Producción y Prácticas Río Verde, cuenca del río Zapotal, Santa Elena.

La presencia de carbonatos en los cultivos de ciclo corto está influenciada por el riego constante y las altas temperaturas de la zona. El agua asociada a las altas temperaturas y presión parcial del CO₂ proveniente de la respiración de las raíces facilitan una mayor acumulación de carbonatos según (Haynes and Mokolobate, 2001).

El área destinada a cultivos como: tomate, pepino, sandía, cebolla, maíz se riegan a través del sistema de riego por goteo. Se aplican láminas constantes de agua en los primeros estadios fenológicos logrando lavar las pequeñas cantidades de carbonatos existentes. Los sistemas de riego que aplican láminas de agua amplias y constantes logran que los carbonatos presentes se muevan (lixiviación) a diferentes profundidades (Villafañe, 2011). Los iones calcio, (Ca⁺²), y bicarbonato (HCO³⁻) descienden formando

horizontes cálcicos o petrocalcicos con el pasar del tiempo. Se acumulan luego de que se evapora el agua del suelo, desciende la concentración de CO_2 (aumento del pH) (Moreno et al., 2011)

Muchas veces el riego que se aplica en estos cultivos es de forma desmedida provocando encharcamientos en el terreno, esta fracción de agua que infiltra el suelo y percola por debajo de la zona de raíces en relación con el agua aportada en el riego (Aragüés, 2011)

El agua de riego que se utiliza en Río Verde es catalogada como buena y apta para los cultivos de acuerdo al análisis de agua descrito en el Anexo donde se observan características de pH 7,7, 29,25%Na, 38,50 meq/L Ca, 2,90 meq/L HCO_3 . El suelo es considerado neutro por su pH de 6,8 ambos antecedentes (agua y suelo) reflejan que en el estado actual del suelo las cantidades de carbonatos no son desmedidas porque no hay aportes exagerados que contribuyan a la acumulación progresiva de los mismos.

El valor del pH no indica estrictamente el nivel de alcalinidad del agua o la cantidad de bicarbonatos presentes, se considera que existen pequeñas cantidades de bases si el agua tiene un pH por encima de 7. Aunque existen casos en los que el agua con valores de pH mayores a 8,4 contienen valores bajos de bicarbonatos y viceversa. La alcalinidad del agua está determinada por el nivel de bicarbonatos (HCO_3^-) y carbonatos (CO_3^{2-}) siendo los bicarbonatos un agente importante en el agua de riego. Los niveles entre 100 y 200 ppm de bicarbonatos probablemente el pH del medio (Bridge, 2010).

En zonas áridas con escasas precipitaciones y elevada evapotranspiración, la influencia del riego representa adición de sales como: cloruro, sodio, calcio, potasio, carbonatos y bicarbonatos formando suelos salinos, deteriorando su estructura, disminuyendo su capacidad fértil y generando toxicidad en los cultivos (Babelis and Liotta, 2006), por lo que se podría considerar que con el transcurso de los años el suelo cambien y tome características de un suelo salino con presencia moderada de carbonatos.

Los valores de carbonatos en este uso de la tierra no alcanzan el 1% no considerándolo perjudicial para el desarrollo de los cultivos, (Garrido, 2008) indica que los valores mayores al 35 % se podrían considerar como preocupantes por los problemas como antagonismo de micronutrientes o toxicidad, el efecto de estos compuestos depende además del tipo de planta, y las condiciones del propias del suelo: temperatura,

humedad, aireación, etc. Un elemento importante en el desarrollo de los cultivos es el fósforo este se encuentra en dos formas distintas, el fósforo activo que logra ser asimilado por la planta y el fósforo inactivo en forma insoluble que regularmente se encuentra en suelos básicos de la misma manera que los carbonatos provocando una baja asimilación del fósforo activo.

3.5 Análisis de carbonatos con relación al uso del suelo Perenne

La distribución de frecuencia de carbonatos en el uso perenne (mango, cacao, plátano, limón) es expresada en la Figura 4, indica que el 57.14 % del total de valores están en 0.21 a 0.57 g kg⁻¹ de suelo y el 42.86 % corresponden a valores entre 0.57 a 0.81 g kg⁻¹ de suelo.

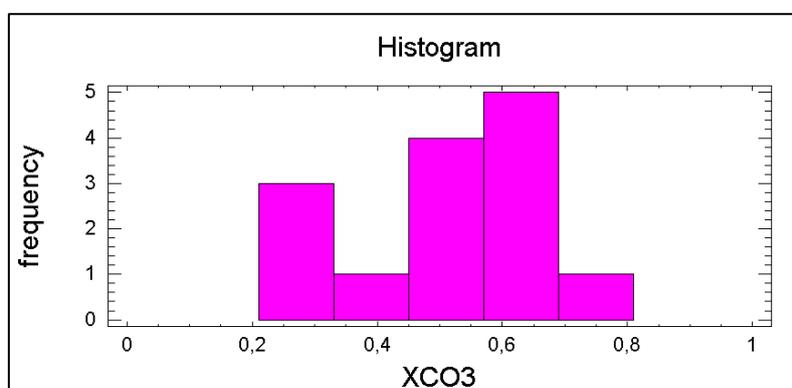


Figura 4. Histograma de frecuencia de carbonatos XCO₃ (g kg⁻¹ de suelo) en el uso del suelo *cultivos perennes* en el centro de Producción y Prácticas Río Verde, cuenca del río Zapotal, Santa Elena.

De acuerdo a la tabla de frecuencia en este uso predominan los valores más altos con un comportamiento bimodal, sin embargo no existen diferencia significativas lo que se puede deber a dispersión de los valores de los usos anteriores desde el punto de vista estadístico.

El carbonato pedogenético puede persistir en estado original a pesar ocluido en el suelo o sujeto al cambio climático (Amundson et al., 1989) la transformación de estos depende principalmente del tiempo (Singer and Nonnrsn, 1974). Forman horizontes cálcicos y petrocálcicos siendo así un indicador de aridez a largo plazo (Retallack, 2001), además se constituyen como indicadores de la influencia del clima sobre la génesis de los suelos (Cerling, 1984).

Los carbonatos de tipo pulverulento por su tamaño, estructura y proporciones logran ser lixiviados por el agua de riego a los diferentes niveles del perfil de suelo, (Kodesa, 2006) comenta que las partículas de carbonato inferiores a 5 μm son fácilmente soluble en agua cargadas de CO_2 , enriqueciendo la solución del suelo en iones bicarbonato (HCO_3^-).

Como ya se había mencionado, si los valores de carbonatos son mayores al 35 % afectaría a la productividad en los cultivos (anuales y perennes) debido a la formación perfiles petrocálcicos bloqueando y restringiendo la absorción de las raíces (entre 2 y 3 metros capacidad exploratoria de las raíces en perennes)(Kodesa, 2006). Se debe tomar en cuenta la presencia de carbonatos activos que son los que se interponen entre otros cationes evitando así su retención y absorción en las plantas(Garrido, 2008). No es el caso del estado actual del suelo en este uso gracias a que los valores de carbonatos rodean el 1%, pero podría considerarse como una problemática futura si continúa el mal manejo de riego en las parcelas o se opta por el cambio de la fuente de agua por una más salina.

La participación de carbonatos en los cultivos no es del todo perjudicial, se debe tomar en cuenta la presencia de carbonatos activos que son los que se interponen entre otros cationes evitando así su retención y absorción en las plantas (Garrido, 2008)

3.5 Análisis de carbonatos en el bosque seco natural (muestreo vertical)

La tabla 3 muestra el resultado del estadístico de carbonatos para las diferentes profundidades en los 10 puntos establecidos, se determinó mediante la prueba de Friedman con una significancia de $p < 0.05$ que no existe diferencia significativa en la acumulación de carbonatos a diferentes profundidades.

Tabla 3. Prueba de Friedman para el análisis de carbonatos a diferentes profundidades.

Profundidad	Suma	Media	N	
0-10 cm	36,00	3,60	10	A
10-20 cm	28,50	2,85	10	A
20-40 cm	32,50	3,25	10	A
40-60 cm	24,00	2,40	10	A
60-100 cm	29,00	2,90	10	A



Figura 5. Puntos de Muestreo en Forma vertical

Los diagramas de dispersión (figura 6 y 7) muestran el comportamiento de los carbonatos a 1 metro de profundidad en la zona de bosque seco natural. Los 5 puntos de muestreo suelo con grandes cantidades de arcilla

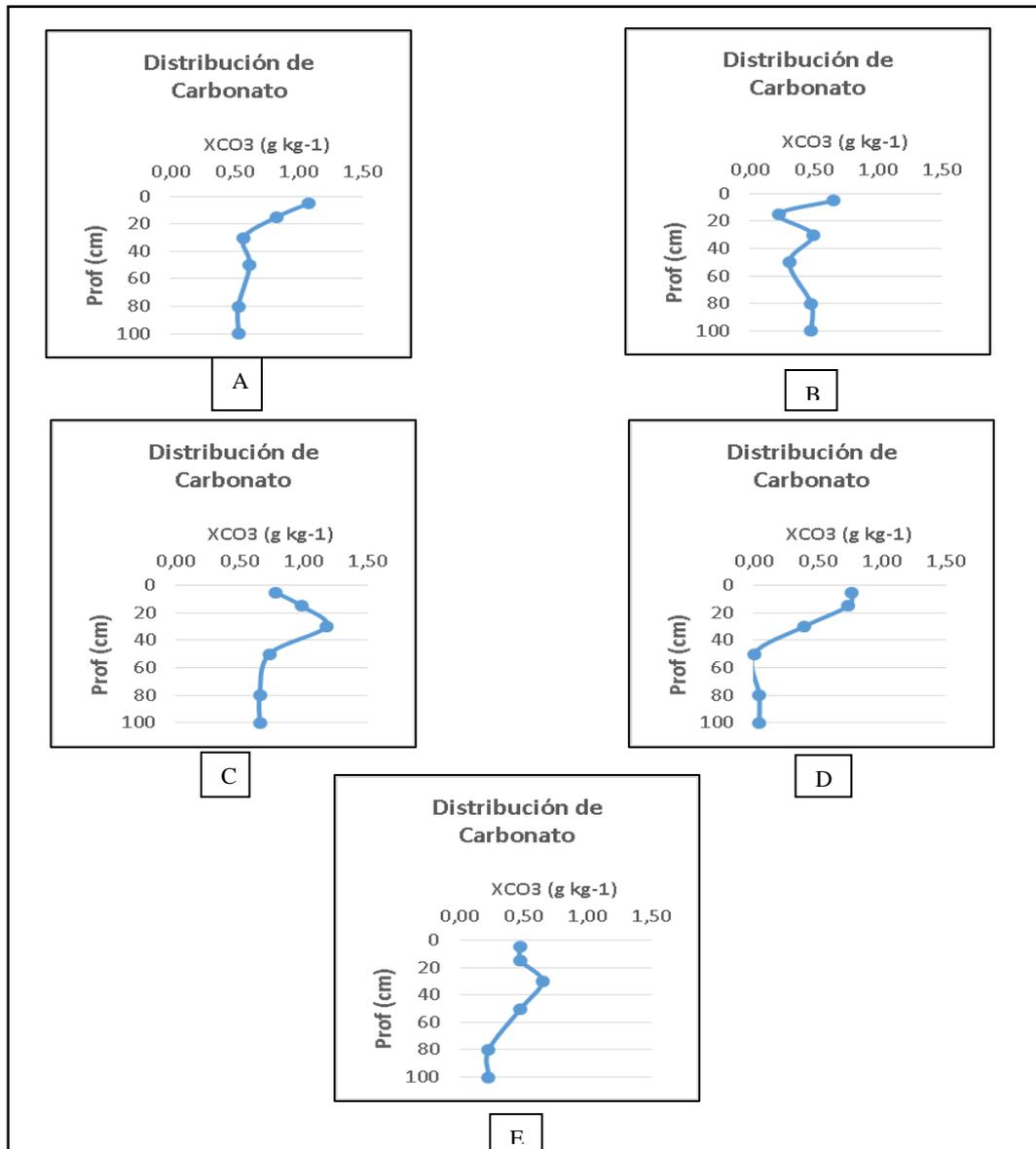


Figura 6. Diagrama de dispersión: distribución vertical de carbonatos XCO_3 (g kg⁻¹ de suelo), en profundidad: 20, 40, 60, 80 y 100 cm, en el bosque seco natural de Río Verde, cuenca del río Zapotal, Santa Elena. Puntos: 1-2-3-4-5.

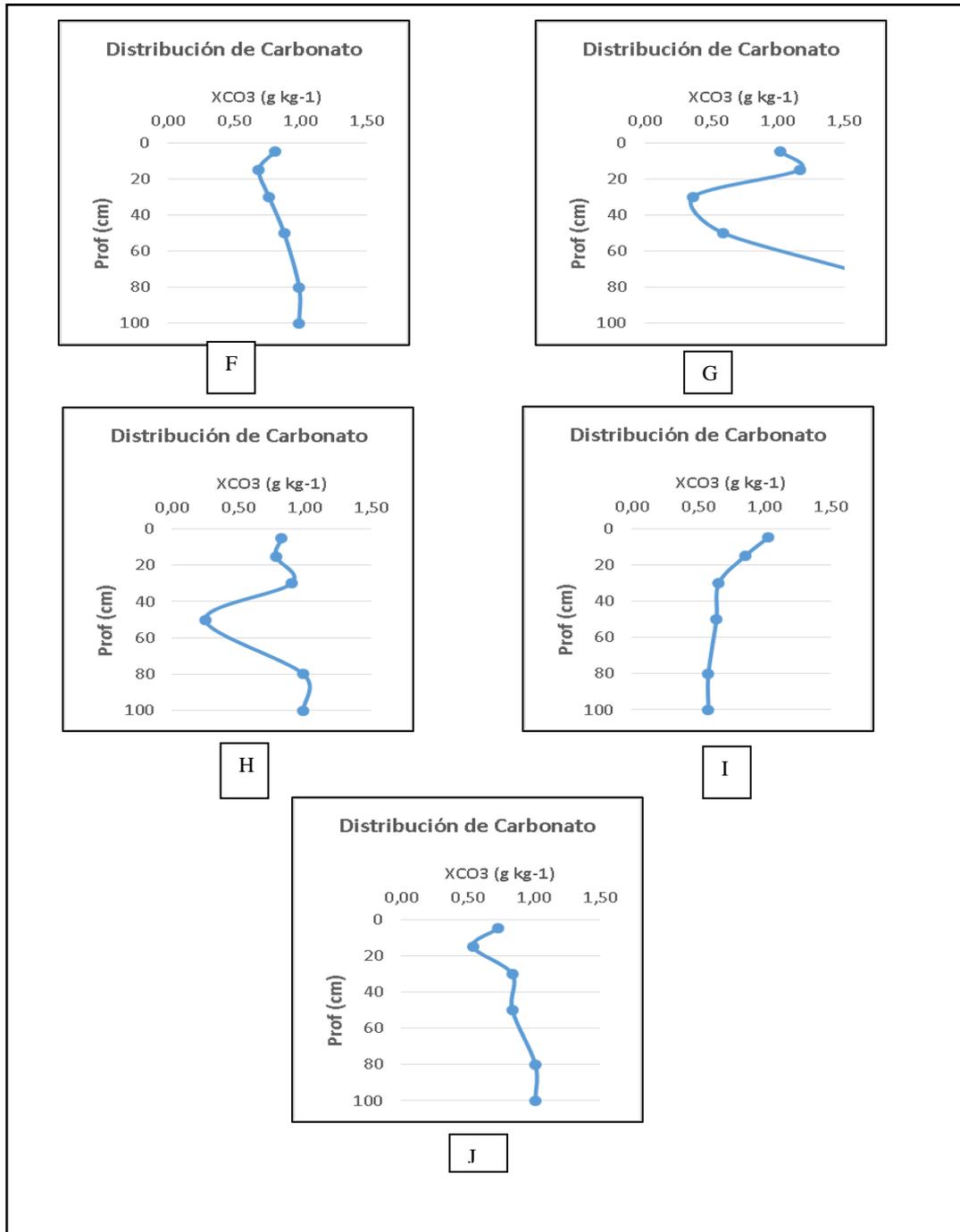


Figura 7. Diagrama de dispersión: distribución vertical de carbonatos XCO₃ (g kg⁻¹ de suelo), en profundidad: 20, 40, 60, 80 y 100 cm, en el bosque seco natural de Río Verde, cuenca del río Zapotal, Santa Elena. Puntos: 6-7-8-9-10.

De acuerdo a (Águila, 2013) la cuenca del río Zapotal al ser una región semiárida posee suelos Aridisoles con Suborden Argides, una de las características de estos suelos es la presencia de períodos húmedos cortos, lo que provoca que los carbonatos precipiten

encontrándolos así principalmente en los primeros 20 cm de profundidad. La cantidad de carbonatos aumenta en las estaciones secas y cálidas y disminuye en estaciones húmedas debido a que la solubilidad es mayor y por lo tanto tiende a infiltrarse con el agua (Nadal *et al.*, 2006).

Según las figuras 6 y 7 la distribución del contenido de carbonatos es asimétrica en profundidad mostrando una máxima acumulación en los primeros centímetros y disminuyendo en profundidad. (Lopez-Sangil *et al.*, 2013) menciona que la acumulación de carbonato está estrechamente ligada a la textura de los parentales, en donde se desarrollan más rápido los suelos gravosos que los suelos pobres de tipo arenosos, características físicas y químicas similares a la de los suelos del Centro de Producción y Prácticas de Rio Verde, los primeros centímetros se denota una textura franco arcillo arenosa la cual a mayor profundidad cambia a suelo de textura arcillo arenosa (Balmaseda y Ponce de León, 2019).

3.5 Mapa temático de carbonatos a 30 cm de profundidad

El semivariograma experimental de carbonatos XCO_3 (figura 7), muestra la inexistencia de estructura espacial, tal comportamiento es determinante para la calidad de la estimación con el método de interpolación IDW en la generación del mapa temático (Cabrera Alfonso *et al.*, 2015), debido a que el método parte del principio de la ausencia de correlación espacial entre las observaciones y que la media es el mejor estimador.

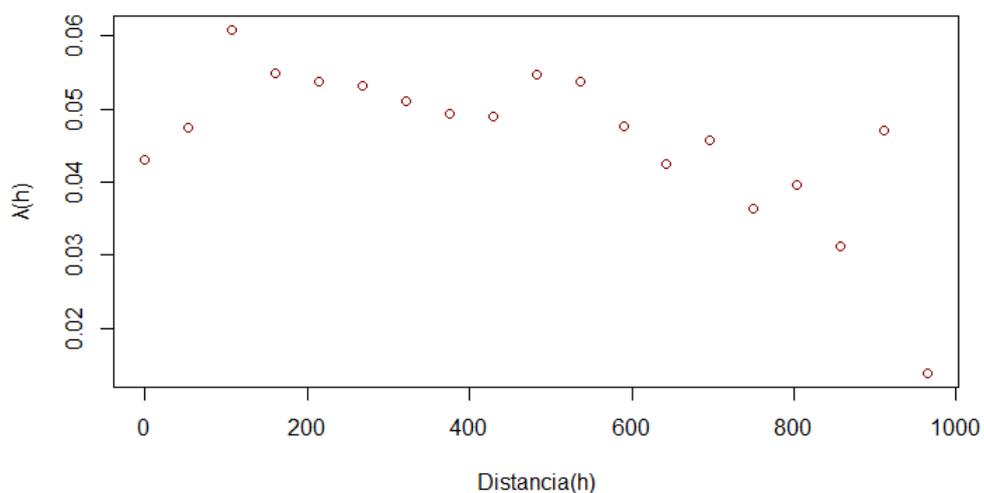


Figura 8. Semivariograma experimental de carbonatos XCO_3 , Rio Verde, cuenca del río Zapotal, Santa Elena.

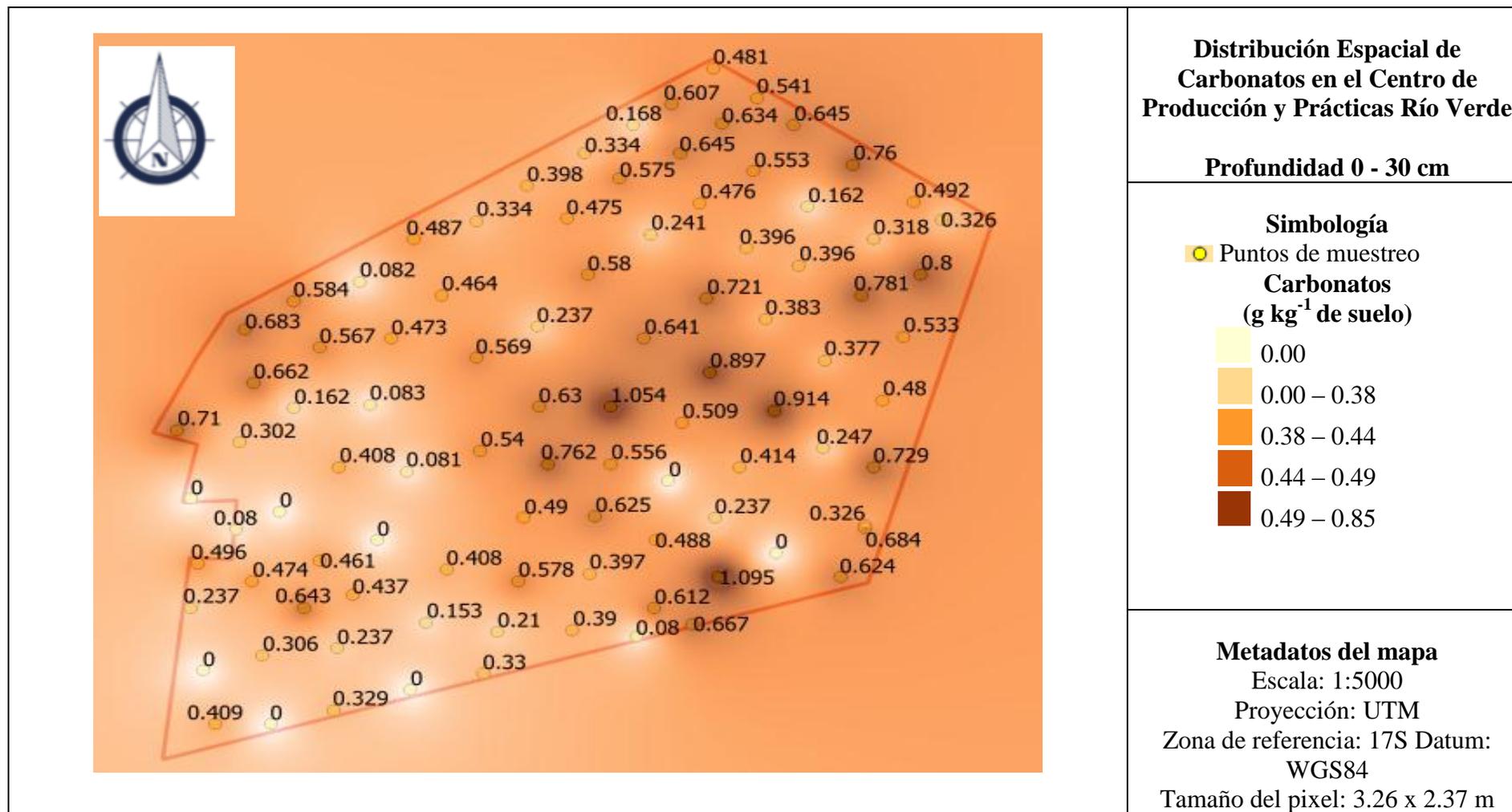


Figura 9. Mapa temático de la distribución espacial de carbonatos XCO₃ (g kg⁻¹ de suelo) a profundidad de 0 a 30 cm en el Centro de Producción y Prácticas Río Verde, cuenca del río Zapotal, Santa Elena. Escala 1:5000. Elaborado por: Kevin Clavijo.

En el mapa temático de carbonatos (figura 8) se observa que los valores más representativos se encuentran en las áreas del bosque seco tropical del centro de producción y prácticas Rio Verde (0.49 – 0.85 g kg⁻¹ de suelo).

Andrades *et al* (2015) explica que si existe un exceso de carbonatos superficial (35 – 40%) puede provocar un bloqueo en forma insoluble de microelementos como el Fe, Mn, Zn y Cu, dando lugar a enfermedades carenciales, problemas de nutrición en las plantas, improductividad, también se puede crear una retrogradación del P, Mg y K.

Al contrario los valores de carbonatos totales encontrados logran alcanzar un valor del 1% aproximadamente, este valor no representa problema alguno al desarrollo de los cultivos (perennes y ciclo corto) ya que según Jaurixje *et al* (2013) se considera que existe problemas en los cultivos en suelos con valores de carbonatos mayor a un 35 %.

Andrades *et al* (2015) explica que los carbonatos y el pH están altamente relacionados, si el suelo es ácido no existe presencia de carbonatos. El suelo de Rio Verde posee un pH de 6,7 lo que expresa que es un suelo ligeramente ácido y sus valores de carbonatos presentes están en relación a esta característica, las cantidades son mínimas y los valores no sobrepasan el 1.1 g kg⁻¹ de suelo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Los análisis realizados en la cuenca de río Zapotal – Río Verde mostraron evidencias claras de que en los tres usos de suelo evaluados no existen diferencias significativas de carbonatos en los primeros 30 cm condición que se atribuye a que el suelo comparte las mismas características físicas, químicas e influencia de las características edafoclimáticas.
- La distribución de carbonatos a profundidad en la zona de bosque seco natural muestra un comportamiento asimétrico debido a su clase textural.
- A través de la elaboración del mapa temático de carbonatos se puede observar la distribución espacial a 30 cm de profundidad donde podemos constatar que la distribución de carbonatos es uniforme que se consta en el análisis estadístico de Kruskal Walls.

Recomendaciones

- El estudio de distribución de carbonatos en profundidad debería ser replicado en diferentes sistemas de uso de la tierra ya que solo se logró evaluar las zonas de bosque seco natural.
- Siendo esta uno de los primeros estudios de carbonatos dentro de la cuenca del río Zapotal en el perfil costero y la provincia de Santa Elena es necesario explotar este nuevo campo investigativo científico.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- Aguayo, M., Pauchard, A., Azócar, G., Parra, O., 2009. Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX: Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. *Revista chilena de historia natural* 82, 361–374. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2009000300004>
- Águila, M., Carolina, P., 2013. Agricultura en zonas áridas y semiáridas. *Idesia (Arica)* 31, 3–4. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292013000200001>
- Al Omari, M., Rashid, I., Qinna, N., Jaber, A.M., Badwan, A., 2016. Calcium Carbonate, in: *Profiles of Drug Substances, Excipients and Related Methodology*. pp. 31–132. <https://doi.org/10.1016/bs.podrm.2015.11.003>
- Amundson, R.G., Chadwick, O.A., Sowers, J.M., Doner, H.E., 1989. The Stable Isotope Chemistry of Pedogenic Carbonates at Kyle Canyon, Nevada. *Soil Science Society of America Journal* 53, 201–210. <https://doi.org/10.2136/sssaj1989.03615995005300010037x>
- Aragüés, R., 2011. Calidad del agua para el riego: efectos sobre plantas y suelos. España, pp. 18–23.
- Ayala, R., Mauricio, C., 2014. Caracterización hidrogeológica de las cuencas de los ríos Javita y Zapotal de la península de Santa Elena.
- Ayala-Niño, F., Maya-Delgado, Y., Troyo-Diéguez, E., 2018. Almacenamiento y flujo de carbono en suelos áridos como servicio ambiental: Un ejemplo en el noroeste de México. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA* 36, 93. <https://doi.org/10.28940/terra.v36i2.334>
- Babelis, G., Liotta, M., 2006. Recuperación de suelos salinos.
- Balmaseda, C., Ponce de León, D., 2019. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS DEL CENTRO DE PRODUCCIÓN Y PRÁCTICAS RÍO VERDE, SANTA ELENA, ECUADOR. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*. ISSN 2528-8083 4, 18–26.
- Baquero, W., 2016. Elaboración de una propuesta de manejo para la conservación de suelos en la hacienda Cadet, utilizando herramientas SIG. Agraria de Ecuador, Quito.
- Batjes, N.H., Sombroek, W.G., 1997. Possibilities for carbon sequestration in tropical and subtropical soils. *Global Change Biology* 3, 161–173. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.1997.00062.x>
- Blaya, S.N., García, G.N., 2003. Química agrícola: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Mundi-Prensa Libros.
- Bouza, P.J., n.d. GÉNESIS DE LAS ACUMULACIONES DE CARBONATOS EN ARIDISOLES NORDPATAGÓNICOS: SU SIGNIFICADO PALEOPEDOLÓGICO 16.
- Bridge, C.R., 2010. CONTROL DE LA ALCALINIDAD DE AGUAS DE RIEGO 7.
- Cabrera Alfonso, J.R., Ponce de León Lima, D., Cervantes Beyra, R., Vargas Rodríguez, H., Domínguez Palacio, D., 2015. Distribución espacial de la calidad de las aguas subterráneas utilizadas para el riego. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 24, 13–21.

- Castillo, A., Godínez, C., Schroeder, N., Galicia, C., 2009. El bosque tropical seco en riesgo: conflictos entre uso agropecuario, desarrollo turístico y provisión de servicios ecosistémicos en la costa de Jalisco, México 34, 8.
- Celaya-Michel, H., Castellanos-Villegas, A.E., Celaya-Michel, H., Castellanos-Villegas, A.E., 2011. Mineralización de nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas. *Terra Latinoamericana* 29, 343–356.
- Cerling, T.E., 1984. The stable isotopic composition of modern soil carbonate and its relationship to climate. *Earth and Planetary Science Letters* 71, 229–240. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(84\)90089-X](https://doi.org/10.1016/0012-821X(84)90089-X)
- Córdova, J., Novoa, V., 1995. Problemáticas, experiencias, y enfoque sobre la erosión, manejo y conservación de suelos de la ladera de Ecuador., in: Seminario: La Erosion, Manejo y Conservacion de Suelos de Ladera en la Subregion Andina. IICA Biblioteca Venezuela, Quito, p. 76.
- Corona, A., 2019. Propiedades químicas de los suelos en el bosque semideciduo mesófilo de la Estación Experimental Agroforestal de Guisa, Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Forestales* 7, 263–275.
- Cruz Tomalá, M., 2019. Capacidad de uso de las tierras del centro de producción y prácticas Río Verde. Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Domènech, X., Peral, J., 2006. Química ambiental de sistemas terrestres. Reverte.
- Escribano-Ávila, G., 2016. El bosque seco neotropical de la provincia Ecuatoriana: un pequeño gran desconocido. *ECOS* 25, 1–4. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2016.25-2.01>
- FAO, 2000. Manual de practicas integradas de manejo y conservacion de suelos - Google Libros, 1020-8127. Food & Agriculture Org., Roma.
- Ferrer, L.G., Corbera, C.L., García, F.M., Pilacés, L.A.P., Tabuena, L.P., Gaudes, L.Q., Izquierdo, A.N., 2016. Tauste en su historia. Actas de las XV Jornadas sobre la Historia de Tauste: 29, 30, 31 de enero, 6 y 7 de febrero de 2014. Asociación Cultural El Patiaz.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2017. CARBONO ORGANICO DEL SUELO: el potencial oculto. FOOD & AGRICULTURE ORG, Place of publication not identified.
- Garrido, S., 2008. INTERPRETACION DE ANALISIS DE SU ELOS. Madrid.
- Gliessman, S.R., Engles, E., Krieger, R., 1998. Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture. Ann Arbor Press, Chelsea, MI.
- Graetz, H., 1997. Suelos y Fertilización. Mexico.
- Granados-Sánchez, D., Hernández-García, M.Á., Vázquez-Alarcón, A., Ruíz-Puga, P., 2013. Los procesos de desertificación y las regiones áridas. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente* 19, 45–66. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2011.10.077>
- Haynes, R.J., Mokolobate, M.S., 2001. Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of the phenomenon and the mechanisms involved. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 59, 47–63. <https://doi.org/10.1023/A:1009823600950>

- Ibáñez, Juan José, 2007. Carbonatos del Suelo: Curso de Diagnóstico de Suelos en Campo (Régulo León Arteta) | Un Universo invisible bajo nuestros pies. URL <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/05/01/64693> (accessed 7.28.19).
- INEC, 2012. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria.
- Ingraham, J.L., Ingraham, C.A., 1998. Introducción a la microbiología. II. Reverte.
- Jaramillo, D., 2002. Inducción a la Ciencia del Suelo. p. 619.
- Jiménez, A.C.A., 2001a. Suelos Tropicales. EUNED.
- Jorge Faustino Francisco Jimenez, 2000. Manejo de Cuencas Hidrograficas. Bib. Orton IICA / CATIE.
- Kane, D., 2015. Carbon Sequestration Potential on Agricultural Lands: A Review of Current Science and Available Practices 36.
- Kodesa, 2006. ANÁLISIS DE SUELOS: Carbonato de Calcio en el suelo. Efecto de la caliza en el suelo. KODESA. URL <https://www.kodesagricola.es/analisis-del-suelo-carbonatodecalcioenelsuelo/> (accessed 10.29.20).
- Kuperman, J.I.K., 2014. DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DESARROLLO SUSTENTABLE CON MENCIÓN EN ORDENAMIENTO TERRITORIAL 142.
- Lamas, F., 2003. Influencia del contenido de carbonatos en las características resistentes de materiales margosos usados en la construcción de núcleos impermeables de presas.
- Lambin, E.F., Turner, B.L., Geist, H.J., Agbola, S.B., Angelsen, A., Bruce, J.W., Coomes, O.T., Dirzo, R., Fischer, G., Folke, C., George, P.S., Homewood, K., Imbernon, J., Leemans, R., Li, X., Moran, E.F., Mortimore, M., Ramakrishnan, P.S., Richards, J.F., Skånes, H., Steffen, W., Stone, G.D., Svedin, U., Veldkamp, T.A., Vogel, C., Xu, J., 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change* 11, 261–269. [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(01\)00007-3](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(01)00007-3)
- Lefèvre, C., Rekik, F., Alcantara, V., Wiese, L., 2018. Carbono orgánico del suelo: El potencial oculto. Food & Agriculture Org., Roma.
- León-Arteta, R., 2015. COMPARACIÓN DE MÉTODOS PARA CUANTIFICAR CARBONATOS EN AGUAS Y SUELOS. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4940.2404>
- Lino, J., 2019. COMPORTAMIENTO ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA SALINIDAD DE SUELOS Y AGUAS DEL CENTRO DE APOYO MANGLARALTO UPSE. Universidad Estatal Península de Santa Elena, Santa Elena.
- Lopez-Sangil, L., Rovira, P., Casals, P., 2013. Decay and vertical reallocation of organic C, and its incorporation into carbonates, in agricultural soil horizons at two different depths and rewetting frequencies. *Soil Biology and Biochemistry* 61, 33–44. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.02.008>
- Lugo, A.E., Brown, S., 1992. Tropical forests as sinks of atmospheric carbon. *Forest Ecology and Management* 54, 239–255. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(92\)90016-3](https://doi.org/10.1016/0378-1127(92)90016-3)

- Manahan, S.E., 2006. Introducción a la química ambiental. Reverte.
- Martínez H, E., Fuentes E, J.P., Acevedo H, E., 2008. CARBONO ORGÁNICO Y PROPIEDADES DEL SUELO. Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal 8, 68–96. <https://doi.org/10.4067/S0718-27912008000100006>
- Martinez, S., Veroslavsky, G., Cabrera, F., 2015. Calizas del Queguay: Un enfoque hacia la arqueología. Revista de Antropología del Museo de Entre Ríos 1, 10.
- Moreno, H., Ibáñez, S., Gisbert, J., 2011. Aridisoles, Universidad Politecnica de Valencia. ed.
- Mujinya, B.B., Mees, F., Boeckx, P., Bodé, S., Baert, G., Erens, H., Delefortrie, S., Verdoodt, A., Ngongo, M., Van Ranst, E., 2011. The origin of carbonates in termite mounds of the Lubumbashi area, D.R. Congo. Geoderma 165, 95–105. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.07.009>
- Nadal-Romero, E., Regüés-Muñoz, D., Martí Bono, C.E., Serrano Muela, M.P., 2006. Dinámica estacional de los procesos de meteorización en cárcavas del Pirineo Central.
- Navarro, F., Sanchez, M., Pla, J., 1995. Functional Characterization of theMKC1Gene ofCandida albicans,Which Encodes a Mitogen-Activated Protein KinaseHomolog Related to Cell Integrity.
- Organizacion de las Naciones Unidas para la alimentacion y la agricultura, 2016. Acidificación del suelo. 2016 2.
- Pardos, J.A., 2010. Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global. INIA, Madrid.
- Pérez, A., Céspedes, C., Núñez, P., 2008. CARACTERIZACIÓN FÍSICA-QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE ENMIENDAS ORGÁNICAS APLICADAS EN LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN REPÚBLICA DOMINICANA 20.
- Pin, V., Luis, J., 2016. Vulnerabilidad del sistema vial principal de la zona suroeste de la cuenca Zapotal (provincia de Santa Elena),relacionada con la red drenaje ate la ocurrencia de un fenómeno “EL NIÑO.”
- Retallack, G.J. (Ed.), 2001. Soils of the Past. Blackwell Science Ltd, Oxford, UK. <https://doi.org/10.1002/9780470698716>
- Richters, E.J., 1995. Manejo del uso de la tierra en América Central: hacia el aprovechamiento sostenible del recurso tierra. Agroamerica.
- Robert, M., 2001. Soil carbon sequestration for improved land management, World soil resources reports. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome.
- Saus, M.L.A., 1997. Evaluación de los parámetros físicos y químicos del fruto de melocotonero (variedad Cofrentes)[: influencia de la fertilización y orientación. Univ de Castilla La Mancha.
- Segura-Castruita, M.A., Sánchez-Guzmán, P., Ortiz-Solorio, C.A., 2005. CARBONO ORGÁNICO DE LOS SUELOS DE MÉXICO 9.
- Singer, A., Nonnrns, K., 1974. PedogenicPalygorskiteOccurrencesin Australia 10.
- Sposito, G., 2008. The chemistry of soils, 2nd ed. ed. Oxford University Press, Oxford ; New York.

- Tomalá, D., 2020. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DEL CENTRO DE APOYO RÍO VERDE DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA. Universidad Estatal Península de Santa Elena, Santa Elena.
- Torres, C., Etchevers, J., Fuentes, M., Herrera, J., 2013. INFLUENCIA DE LAS RAÍCES SOBRE LA AGREGACIÓN DEL SUELO.
- Valbuena Calderón, C.A., Martínez Martínez, L.J., Giraldo Henao, R., 2008. Variabilidad espacial del suelo y su relación con el rendimiento de mango (*Mangifera indica* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura* 30, 1146–1151. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000400049>
- Villafañe, R., 2011. SOS AL RIEGO: UN PROCEDIMIENTO PARA DIAGNOSTICAR LOS RIESGOS DE SODIFICACIÓN Y SALINIZACIÓN DEL SUELO CON EL AGUA DE RIEGO 9.
- Virto, I., Antón, R., Apesteguía, M., Plante, A., 2018. Chapter 9 - Role of Carbonates in the Physical Stabilization of Soil Organic Matter in Agricultural Mediterranean Soils, in: Muñoz, M.Á., Zornoza, R. (Eds.), *Soil Management and Climate Change*. Academic Press, pp. 121–136. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812128-3.00009-4>
- Virto, I., Gartzia-bengoetxea, N., Fernández-ugalde, O., 2011. Role of Organic Matter and Carbonates in Soil Aggregation Estimated Using Laser Diffractometry. *Pedosphere* 21, 566–572. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(11\)60158-6](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(11)60158-6)
- Zapata, R., 2004. La Acidez del Suelo: Un Universo invisible bajo nuestros pies. URL <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/11/01/49004> (accessed 10.21.20).
- Zúñiga, F.B., 1999. Introducción al estudio de la contaminación del suelo por metales pesados. UADY.

ANEXOS



Imagen A 1. Muestreo

Horizontal



Imagen A 2. Secado de las muestras de suelo



Imagen A 3. Muestreo Vertical



Imagen A 4. Determinación de Carbonatos

	A	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
1	ID_PUNTO	Peso Inicial	# del cilindro	Peso del pes	Peso en seco	Peso final	%Humedad		M1	V1	M _{CaCO3}	M _{CaCO3}	V2	V3	M2	w(H ₂ O)	w(CaCO ₃)
202	RCSE-RV-001	5,559	6	43,388	48,921	5,533	0,47		10,523	1,2	0,204	0,305	62,8	0	0,2545	0,47	0,46
203	RCSE-RV-002	5,063	65	43,017	47,966	4,949	2,25		10,513	1,2	0,204	0,305	62,8	0	0,2545	2,25	0,47
204	RCSE-RV-003	5,411	1	43,160	48,488	5,328	1,53		10,037	0,2	0,204	0,393	73	0	0,2985	1,53	0,08
205	RCSE-RV-004	5,968	42	43,281	49,111	5,830	2,31		10,399	10	0,204	0,393	73	0	0,2985	2,31	4,02
206	RCSE-RV-005	5,332	42	43,281	48,518	5,237	1,78		10,142	1,4	0,204	0,305	62,8	0	0,2545	1,78	0,57
207	RCSE-RV-006	5,088	32	42,835	47,736	4,901	3,68		10,741	0,6	0,204	0,393	73	0	0,2985	3,68	0,24
208	RCSE-RV-007	5,009	28	43,447	48,286	4,839	3,39		10,342	4,6	0,204	0,393	73	0	0,2985	3,39	1,88
209	RCSE-RV-008	5,804	14	43,350	49,051	5,701	1,77		10,519	1,2	0,204	0,393	73	0	0,2985	1,77	0,47
210	RCSE-RV-009	5,105	10	42,836	47,840	5,004	1,98		10,073	1,4	0,204	0,393	73	0	0,2985	1,98	0,58
211	RCSE-RV-010	5,662	69	43,246	48,891	5,645	0,30		10,203	0,6	0,204	0,393	73	0	0,2985	0,30	0,24
212	RCSE-RV-011	5,176	48	43,216	48,284	5,068	2,09		10,159	1,4	0,204	0,393	73	0	0,2985	2,09	0,58
213	RCSE-RV-012	5,430	2	43,118	48,529	5,411	0,35		10,173	1,6	0,204	0,393	73	0	0,2985	0,35	0,65
214	RCSE-RV-013	5,001	67	43,063	47,994	4,931	1,40		10,361	1,2	0,204	0,305	62,8	0	0,2545	1,40	0,48
215	RCSE-RV-014	5,788	14	43,350	48,929	5,579	3,61		10,633	1,4	0,204	0,305	62,8	0	0,2545	3,61	0,55
216	RCSE-RV-015	5,283	60	43,052	48,162	5,110	3,27		10,562	1,6	0,204	0,305	62,8	0	0,2545	3,27	0,63
217	RCSE-RV-016	5,520	52	43,504	48,895	5,391	2,34		10,723	1,4	0,204	0,305	62,8	0	0,2545	2,34	0,54
218	RCSE-RV-017	5,117	28	43,447	48,459	5,012	2,05		10,266	1,6	0,204	0,305	62,8	0	0,2545	2,05	0,64
219	RCSE-RV-018	5,491	46	43,394	48,769	5,375	2,11		10,895	2	0,204	0,305	62,8	0	0,2545	2,11	0,76
220	RCSE-RV-019	5,041	6	43,388	48,374	4,986	1,09		11,647	1,4	0,204	0,305	62,8	0	0,2545	1,09	0,49
221	RCSE-RV-020	5,305	32	42,835	48,092	5,257	0,90		10,121	0,8	0,204	0,393	73	0	0,2985	0,90	0,33
222	RCSE-RV-021	6,183	29	43,225	49,301	6,076	1,73		10,397	2	0,204	0,393	73	0	0,2985	1,73	0,80
223	RCSE-RV-022	5,481	15	43,248	48,602	5,354	2,32		10,417	0,8	0,204	0,305	62,8	0	0,2545	2,32	0,32
224	RCSE-RV-023	5,627	68	42,944	48,431	5,487	2,49		10,342	0,4	0,204	0,393	73	0	0,2985	2,49	0,16

Imagen A 5. Calculo de Carbonato Horizontal

1	ID_PUNTO	Peso Inicial	Peso del pes	Peso en seco	Peso final	%Humedad		M1	V1	MCaCO3	MCaCo3	V2	V3	M2	w(H2O)	w(CaCO3)
281	RCEc_GEFJ_1_5	5,598	43,185	48,696	5,511	1,55		10,899	1,4	0,208	0,302	58,7	0,1	0,255	1,55	0,53
282	RCEc_GEFJ_2_1	5,039	43,678	48,663	4,985	1,07		10,119	1,6	0,208	0,302	58,7	0,1	0,255	1,07	0,65
283	RCEc_GEFJ_2_2	5,693	43,447	48,969	5,522	3,00		10,059	0,6	0,208	0,302	58,7	0,1	0,255	3,00	0,22
284	RCEc_GEFJ_2_3	5,623	43,526	48,857	5,331	5,19		10,276	1,2	0,208	0,302	58,7	0,1	0,255	5,19	0,49
285	RCEc_GEFJ_2_4	5,625	43,365	48,744	5,379	4,37		10,431	0,8	0,208	0,302	58,7	0,1	0,255	4,37	0,30
286	RCEc_GEFJ_2_5	5,065	43,194	48,148	4,954	2,19		10,232	1,2	0,208	0,302	58,7	0,1	0,255	2,19	0,48
287	RCEc_GEFJ_3_1	5,466	43,583	48,942	5,359	1,96		10,818	2	0,208	0,302	58,7	0,1	0,255	1,96	0,78
288	RCEc_GEFJ_3_2	5,572	43,500	48,943	5,443	2,32		10,415	2,4	0,208	0,302	58,7	0,1	0,255	2,32	0,98
289	RCEc_GEFJ_3_3	5,471	43,395	48,684	5,289	3,33		10,323	2,8	0,208	0,302	58,7	0,1	0,255	3,33	1,18
290	RCEc_GEFJ_3_4	5,625	43,427	48,953	5,526	1,76		10,304	1,8	0,208	0,302	58,7	0,1	0,255	1,76	0,73
291	RCEc_GEFJ_3_5	5,297	42,809	47,958	5,149	2,79		10,234	1,6	0,208	0,302	58,7	0,1	0,255	2,79	0,66
292	RCEc_GEFJ_4_1	5,631	43,075	48,606	5,531	1,78		10,937	2	0,208	0,302	58,7	0,1	0,255	1,78	0,77
293	RCEc_GEFJ_4_2	5,850	43,095	48,835	5,740	1,88		10,227	1,8	0,208	0,302	58,7	0,1	0,255	1,88	0,74
294	RCEc_GEFJ_4_3	5,209	43,171	48,208	5,037	3,30		10,315	1	0,208	0,302	58,7	0,1	0,255	3,30	0,39
295	RCEc_GEFJ_4_4	5,198	43,192	48,162	4,970	4,39		10,725	0	0,208	0,302	58,7	0,1	0,255	4,39	-0,04
296	RCEc_GEFJ_4_5	5,756	43,660	49,171	5,511	4,26		10,715	0,2	0,208	0,302	58,7	0,1	0,255	4,26	0,04
297	RCEc_GEFJ_5_1	5,257	43,318	48,540	5,222	0,67		10,170	1,2	0,208	0,302	58,7	0,1	0,255	0,67	0,47
298	RCEc_GEFJ_5_2	5,763	43,281	48,871	5,590	3,00		10,317	1,2	0,208	0,302	58,7	0,1	0,255	3,00	0,48
299	RCEc_GEFJ_5_3	5,296	43,119	48,195	5,076	4,15		10,524	1,6	0,208	0,302	58,7	0,1	0,255	4,15	0,65
300	RCEc_GEFJ_5_4	5,093	43,251	48,138	4,887	4,04		10,448	1,2	0,208	0,302	58,7	0,1	0,255	4,04	0,48
301	RCEc_GEFJ_5_5	5,298	43,103	48,090	4,987	5,87		10,188	0,6	0,208	0,302	58,7	0,1	0,255	5,87	0,23

Imagen A 6. Calculo de Carbonato vertical

Clase	Límite inferior	Límite superior	Punto medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Relativa Acumulada
		0.00		0	0.000	0	0.000
1	0.00	0.0875	0.00	12	0.1714	12	0.1714
2	0.0875	0.275	0.18	9	0.1286	21	0.3000
3	0.275	0.4625	0.36	18	0.2571	39	0.5571
4	0.4625	0.65	0.55	20	0.2857	59	0.8429
5	0.65	0.8375	0.74	8	0.1143	67	0.9571
6	0.8375	1.025	0.93	1	0.0143	68	0.9714
7	1.025	1.2125	1.11	2	0.0286	70	1.0000
8	1.2125	1.4	1.306	0	0.000	70	1.0000

Imagen A 7. Tabla de frecuencia de carbonatos en la zona de Pasto Natural.

Clase	Límite inferior	Límite superior	Punto medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Relativa Acumulada
		0.00	0.00	0	0.0000	0	0.0000
1	0.00	0.2	0.1	1	0.0909	1	0.0909
2	0.2	0.4	0.3	2	0.1818	3	0.2727
3	0.4	0.6	0.5	5	0.4545	8	0.7273
4	0.6	0.8	0.7	2	0.1818	10	0.9091
5	0.8	1.0	0.9	1	0.0909	11	1.0000

Imagen A 8. Tabla de frecuencia de carbonatos en el uso ciclo corto.

Clase	Límite inferior	Límite superior	Punto medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Relativa Acumulada
		0.21	0.00	0	0.0000	0	0.0000
1	0.21	0.22	0.27	3	0.2143	3	0.2143
2	0.33	0.45	0.39	1	0.0714	4	0.2857
3	0.45	0.57	0.51	4	0.2857	8	0.5714
4	0.57	0.69	0.63	5	0.3571	13	0.9286
5	0.69	0.81	0.75	1	0.0714	14	1.0000

Imagen A 9. Tabla de frecuencia de carbonatos en el uso de cultivo perenne

3.2.2. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA.

El análisis de la calidad de agua del Centro de Producción y Prácticas Río Verde de la UPSE determina que ésta tiene características buenas para ser utilizada en el riego del cultivo de cacao como se detalla a continuación en el (Cuadro 16).

Cuadro 16. Informe del análisis del agua, Centro de Producción y Prácticas Río Verde de la UPSE, Santa Elena. 2013 a 2014.

Identificación del lote	<i>uS/cm</i> <i>mg/L</i>		<i>meq/L</i>							pH	RAS	PSI	%Na
	CE	Ca	Mg	Na	K	*CO3	*HCO3	*Cl	*SO4				
Río Verde - Canal	340,00	38,50	6,80	19,30	8,90	ND	2,90	1,00	ND	7,70	1,00	1,00	25,29

Fuente: Laboratorio de ensayos INIAP (2013)

Imagen A 10. Analisis de Agua Rio verde