



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

“EVALUACIÓN DEL SECUESTRO DE CARBONO EN SEDIMENTOS DE MANGLAR DE CUATRO EDAFOPAISAJES EN DOS ISLAS DEL ARCHIPIELAGO DE GALÁPAGOS”,

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORES: DAVID ALEJANDRO CÁRDENAS IBUJÉS

BRIGITTE YAJAIRA PAREDES CUCHIPARTE

DIRECTOR: IGN. ANDRÉS AGUSTÍN BELTRÁN DÁVALOS MSc.

Riobamba – Ecuador

2020

© 2020, David Alejandro Cárdenas Ibujés y Brigitte Yajaira Paredes Cuchiparte

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Nosotros, DAVID ALEJANDRO CÁRDENAS IBUJÉS y BRIGITTE YAJAIRA PAREDES CUCHIPARTE, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 10 de junio de 2020



David Alejandro Cárdenas Ibujés
C.I.: 180409023-9



Brigitte Yajaira Paredes Cuchiparte
C.I.: 180461936-7

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; Tipo: Proyecto de Investigación, “**EVALUACIÓN DEL SECUESTRO DE CARBONO EN SEDIMENTOS DE MANGLAR DE CUATRO EDAFOPAISAJES EN DOS ISLAS DEL ARCHIPIELAGO DE GALÁPAGOS**”, realizado por los señores: **DAVID ALEJANDRO CÁRDENAS IBUJÉS y BRIGITTE YAJAIRA PAREDES CUCHIPARTE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Carlos Rosero Erazo PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: CARLOS ROLANDO ROSERO ERAZO	2020-09-08
Ing. Andrés Agustín Beltrán Dávalos DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	 Firmado electrónicamente por: ANDRES AGUSTIN BELTRAN DAVALOS	2020-09-08
Dra. Magdy Milleni Echeverría Guadalupe MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: MAGDY MILENI ECHEVERRIA GUADALUPE	2020-09-08

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se lo dedico principalmente a Jehová Dios, ya que sin él no hubiese podido ser posible todo este trabajo arduo en mi carrera estudiantil, dándome las fuerzas necesarias para seguir este camino profesional, permitiéndome adquirir nuevos conocimientos y ha inspirado confianza en mí para luchar por cada uno de mis sueños profesionales siendo mi guía en todo momento. A demás dedico este arduo trabajo de titulación a mis padres Marcelo Paredes y Silvia Cuchiparte, que han sabido brindarme el apoyo incondicional cada día y han sido parte de esta tesis de grado, han depositado su confianza en mí para poder llegar hasta donde hoy he llegado, por brindarme su amor incondicional en todo momento, y por todo el sacrificio que han hecho para hoy permitirme terminar mi carrera profesional, son los mejores padres del mundo, de igual manera se lo dedico a mis hermanos Wilmer Paredes y Jonathan Paredes por depositar en mí su apoyo, confianza y por inspirarme para no decaer y seguir adelante paso a paso para continuar con mi trabajo de titulación siendo mis amigos y hermanos en todo momento.

Brigitte

Este trabajo de titulación se lo dedico a Dios que ha permitido realizarme como un profesional quien ha sabido ser mi guía y mi luz en todo mi camino estudiantil, dándome las fuerzas y permitiéndome no decaer ante cualquier situación. Dedico este trabajo a mis padres que han sido ejemplo a seguir para ser fuerte y cumplir con mi trabajo de titulación ya que me han brindado su apoyo incondicional en todo momento, de igual manera tengo presente a mis hermanos quienes me han sabido dar fortaleza y ánimos para poder cumplir con mis metas y objetivos en mi carrera estudiantil.

David

AGRADECIMIENTO

Agradecemos principalmente a Jehová Dios por darnos la valentía, fe, fuerzas y jamás permitarnos perder la esperanza de que este arduo trabajo se haga una realidad, agradecemos porque ha sido la luz y la guía en nuestro camino profesional porque sin su apoyo incondicional y sus bendiciones jamás hubiésemos podido caminar tan lejos, quedándole infinitamente agradecidos por su amor único e incondicional.

Agradecemos a nuestras familias, principalmente a nuestros padres Marcelo Paredes , Silvia Cuchiparte y Hernán Cárdenas , Anabelli Ibujés, por todo el sacrificio que han hecho para poder llegar hasta donde hoy hemos llegado convirtiéndose en nuestro mayor ejemplo a seguir siendo un pilar fundamental en nuestras vidas ya que han depositado en nosotros todo ese cariño y amor, agradecemos su infinita paciencia con nosotros y su infinito aliento que nos han brindado todo este trayecto de nuestras vidas siendo nuestro mayor orgullo, así también agradecemos a nuestros hermanos por las fuerzas que nos han brindado para no decaer y seguir luchando por que esto sea hoy una realidad y de igual manera agradecemos este logro en honor al inmenso amor y respeto que le tenemos a un ser noble, fiel confidente, guardián del alma y defensor feroz del cariño incondicional nuestro amigo BETO.

Agradecemos al Ing. Andrés Beltrán por su guía en nuestra tesis y por ser nuestro tutor en este proyecto hoy cumplido, agradecemos de igual manera al doctor Xose Otero, docente titular de la Universidad Santiago de Compostela por transmitirnos su conocimiento y enseñanzas de campo y laboratorio al realizar nuestra tesis de grado, de igual manera queremos agradecer al doctor Henry Herrera (Asesor Científico. Investigador Colaborador Fundación Charles Darwin) y al Ing. Steve Bayas (Asesor Técnico, Proceso de Cambio Climático del PNG) por su guía, coordinación y asesoría para poder hacer de este proceso un exitoso trabajo en el Parque Nacional Galápagos, esperando contar siempre con su valioso e incondicional apoyo. Así como también a las autoridades del Parque Nacional Galápagos, y al grupo GIDAC-ESPOCH quienes han sabido apoyar a nuestra tesis de modo investigativo, con el uso de los laboratorios, así como también con la gestión para llegar a poder hacer nuestra investigación en el archipiélago de Galápagos.

David y Brigitte

TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS.....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	x
INDICE DE GRÁFICOS.....	xi
RESUMEN	xiii
SUMMARY	xiv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	5
1.1 Fijación de carbono en el suelo.....	5
1.1.1 <i>Captura de carbono en suelos</i>	5
1.1.2 <i>Secuestro de carbono en suelos</i>	6
1.2 Ciclo del carbono.....	8
1.3 Carbono orgánico en los manglares	9
1.3.1 <i>Carbono orgánico en sedimentos de manglar</i>	10
1.4 Edafopaisajes Costeros	12
1.5 Manglares en el Ecuador	12
1.5.1 <i>Manglares en la provincia de Galápagos</i>	14

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO	15
2.1 Área de estudio	15
2.1.1 <i>Ubicación geográfica</i>	17
2.2 Tipo y diseño de la investigación	17
2.2.1 <i>Según el enfoque de estudio</i>	17
2.2.2 <i>Según el área de estudio</i>	18
2.2.3 <i>Según el método usado</i>	18
2.3 Hipótesis.....	18
2.3.1 <i>Hipótesis nula</i>	18
2.3.2 <i>Hipótesis de alternativa</i>	18
2.3.3 <i>Variables</i>	18
2.4 Población de estudio.....	18

2.5	Muestra	19
2.5.1	Tamaño de la muestra	19
2.5.2	Diseño experimental.....	20
2.5.3	Selección de los puntos de muestreo	20
2.5.4	Muestreo	22
2.6	Materiales y Equipos.....	26
2.6.1	Materiales	26
2.6.2	Equipos	30
2.7	Codificación de las muestras	33
2.7.1	Diagrama de muestreo y preparación de las muestras para análisis de suelo.	34
2.8	Análisis de laboratorio	34
2.8.1	pH y Conductividad	35
2.8.2	Humedad y Densidad aparente	37
2.8.3	Color	39
2.8.4	Textura del suelo	39
2.8.5	Secado y tamizado	40
2.8.6	Materia orgánica	41
2.8.7	Carbono Orgánico	42

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS	47
3.1	Análisis de laboratorio	47
3.1.1	Conductividad y pH	47
3.1.2	Propiedades organolépticas	49
3.1.3	Humedad y Densidad aparente	53
3.1.4	Materia Orgánica	55
3.1.5	CO ₂ Equivalente.....	56
3.1.6	Cuantificación del contenido de carbono orgánico en el suelo (sedimento).....	57
3.1.7	Análisis estadístico	61

CONCLUSIONES.....	66
-------------------	----

RECOMENDACIONES.....	67
----------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Población de Estudio.....	19
Tabla 2-2:	Edafopaisajes de Galápagos: descripción general, síntesis de los inventarios y análisis de amenazas.	19
Tabla 3-2:	Diseño de Base	20
Tabla 4-2:	Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo.....	21
Tabla 5-2:	Muestras Compuestas Recolectadas.....	26
Tabla 6-2:	Codificación de las muestras de suelo.....	33
Tabla 7-2:	Porcentaje de Materia Orgánica en el suelo y/o sedimento.	41
Tabla 8-2:	Prueba de efervescencia para carbonatos en las muestras de sedimento.	44
Tabla 9-3:	Resultados de pH de Edafopaisajes estudiados	47
Tabla 10-3:	Resultados de conductividad eléctrica de Edafopaisajes estudiados.	48
Tabla 11-3:	Resultados de color de Edafopaisajes estudiados.....	49
Tabla 12-3:	Resultados de textura de Edafopaisajes estudiados	51
Tabla 13-3:	Resultados de Humedad de Edafopaisajes estudiados.....	53
Tabla 14-3:	Resultados de densidad aparente de Edafopaisajes estudiados.....	54
Tabla 15-3:	Resultados de materia orgánica de Edafopaisajes estudiados.....	55
Tabla 16-3:	Resultados de CO ₂ -equivalente de Edafopaisajes estudiados	56
Tabla 17-3:	Resultados de COS por LOI de Edafopaisajes estudiados.....	58
Tabla 18-3:	Resultados de COS por DUMAS de Edafopaisajes estudiados.....	59
Tabla 19-3:	Análisis de varianza de la densidad aparente y el contenido de carbono orgánico de la isla Santa Cruz.....	61
Tabla 20-3:	Análisis de varianza de la densidad aparente y el contenido de carbono orgánico de la isla Isabela.....	61
Tabla 21-3:	ANOVA. Análisis de Varianza de los métodos DUMAS vs LOI	63
Tabla 22-3:	ANOVA para COS por Edafopaisaje.....	64

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Modelo de muestreo de sedimento propuesto.....	24
Figura 2-2:	Muestreadores especialmente diseñados para suelos y sedimentos de manglar.	25
Figura 4-2:	Revisión de las muestras por parte de las autoridades del PNG.....	25
Figura 5-2:	Empaque de las muestras para su transporte al continente.	26
Figura 6-2:	Barreno para muestreo de sedimentos.	27
Figura 7-2:	Fundas ziploc	27
Figura 8-2:	Espátula para toma de muestras.....	28
Figura 9-2:	Marcador permanente.....	28
Figura 10-2:	Material de muestreo, flexómetro.....	28
Figura 11-2:	Pipeta	29
Figura 12-2:	Probeta	29
Figura 13-2:	Vaso de Precipitación	29
Figura 14-2:	Crisoles en un Desecador	30
Figura 15-2:	Crisoles	30
Figura 16-2:	Modelo de GPS	30
Figura 17-2:	Balanza analítica	31
Figura 18-2:	pH-metro de mesa	31
Figura 19-2:	Conductímetro	31
Figura 20-2:	Estufa de secado	32
Figura 21-2:	Horno mufla	32
Figura 22-2:	Procedimiento para el procesamiento de muestras	34
Figura 23-2:	Ordenamiento de las muestras	35
Figura 24-2:	Medición de pH de las muestras.....	35
Figura 25-2:	Clasificación de suelos y/o sedimentos	36
Figura 26-2:	Medición de conductividad eléctrica	37
Figura 27-2:	Medición de Humedad	37
Figura 28-2:	Determinación de densidad aparente	38
Figura 29-2:	Determinación de color	39
Figura 30-2:	Secado y tamizado de las muestras.....	40
Figura 31-2:	Crisoles con las muestras pesados en la balanza analítica	41
Figura 32-2:	Calcinación de los crisoles	42
Figura 33-2:	Identificación de carbonatos.....	43
Figura 34-2:	Preparación de submuestras	44
Figura 35-2:	Calcinación de las muestras a 450°C por 4 horas	45

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2:	Área de estudio de los Edafopaisajes de la isla Isabela	16
Gráfico 2-2:	Área de estudio de los Edafopaisajes de la isla Santa Cruz	16
Gráfico 3-2:	Puntos de muestreo de los edafopaisajes de la isla Santa Cruz	22
Gráfico 4-2:	Puntos de muestreo de los edafopaisajes de la isla Isabela.....	23
Gráfico 5-3:	Resultados de pH	47
Gráfico 6-3:	Resultados de CE.....	48
Gráfico 7-3:	Resultados de color.....	50
Gráfico 8-3:	Resultados de textura.....	52
Gráfico 9-3:	Resultados de Humedad.....	53
Gráfico 10-3:	Resultados de DA	54
Gráfico 11-3:	Resultados de MO.....	55
Gráfico 12-3:	Resultados de CO2 equivalente	57
Gráfico 13-3:	Resultados de COS por LOI.....	58
Gráfico 14-3:	Resultados de COS por DUMAS	59
Gráfico 15-3:	Relación entre la densidad aparente y el contenido.....	62
Gráfico 16-3:	Relación entre la densidad aparente y el contenido.....	62
Gráfico 17-3:	Relación entre los métodos DUMAS vs. LOI.....	64
Gráfico 18-3:	Prueba de Rangos Múltiples con las medias	65

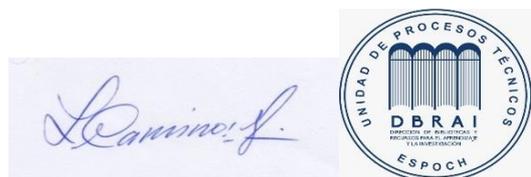
INDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** Metodologías de campo
- ANEXO B:** Socialización con la dirección del Parque Nacional Galápagos
- ANEXO C:** Monitoreo de Edafopaisaje las Ninfas
- ANEXO D:** Monitoreo de edafopaisaje de Tortuga Bay
- ANEXO E:** Monitoreo de edafopaisaje Las Diablas
- ANEXO F:** Determinación de materia orgánica

RESUMEN

Se evaluó el secuestro de carbono en los sedimentos de cuatro edafopaisajes de dos islas del archipiélago de Galápagos, esto se efectuó a través de puntos de muestreo previamente estudiados y tomando en cuenta la distribución espacial del manglar a lo largo de la extensión de cada edafopaisaje. Subsiguiente al muestreo, se desarrollaron análisis de parámetros físicos- químicos del sedimento y se evaluó la relación del contenido de carbono orgánico del sedimento mediante los métodos de calcinación o pérdida por ignición (LOI) y combustión directa (DUMAS). Los resultados arrojaron valores de: pH que tienden a ser ácidos hasta cercanos a neutros (4.5-7.4), una conductividad eléctrica fuertemente salina con un promedio de 10 mS/cm, una variabilidad textural (Arena media – fina, principalmente), el porcentaje de humedad por encima del 40%, densidad aparente promedio de 0.55 g/cm³ y un contenido de materia orgánica (MO) de hasta 20%, la estimación del CO₂ – eq presentó emisiones altas en los edafopaisajes de la isla Isabela, Las Diablas con 1308 Mg CO₂ eq /ha y Baltazar con 835 Mg CO₂ eq /ha, mientras que los edafopaisajes de la isla Santa Cruz presentaron menor emisión. La cuantificación por DUMAS de COS entre los edafopaisajes preservados y los no preservados de las dos islas del archipiélago de Galápagos presento valores altos en Las Diablas (preservado) con 356 Mg/ha y Baltazar (no preservado) con 227 Mg/ha de la isla Isabela, mientras que para el caso de los edafopaisajes de la Isla Santa Cruz fue significativamente menor a los de la isla Isabela, presentándose el mismo caso con el método de LOI. Así mismo la prueba-F en la tabla ANOVA determinó que, si hay diferencias significativas entre las medias, por lo tanto, se concluye que el secuestro de carbono en los sedimentos de manglar varía en función del edafopaisaje.

Palabras clave: <BIOTECNOLOGIA>, <CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO>, <MANGLAR>, <EDAFOPAISAJE>, <GALÁPAGOS(ARCHIPIÉLAGO)>.



11-08-2020
0195-DBRAI-UPT-2020

SUMMARY

Carbon sequestration in the sediments of four edapho landscapes of two islands of the Galapagos archipelago was evaluated, this was carried out through previously studied sampling points and taking into account the spatial distribution of the mangrove along the extension of each edafo landscape. Subsequent to the sampling, analyzes of physical-chemical parameters of the sediment were developed and the relationship of the organic carbon content of the sediment was evaluated by means of calcination or loss on ignition (LOI) and direct combustion (DUMAS) methods. The results showed values of: pH that tend to be acidic to close to neutral (4.5-7.4), a strongly saline electrical conductivity with an average of 10 mS / cm, a textural variability (medium-fine sand, mainly), the percentage humidity above 40%, average apparent density of 0.55 g / cm³ and an OM content of up to 20%, the estimation of CO₂ - eq presented high emissions in the edafo landscapes of Isabela Island, Las Diablas with 1308 ± 197.52 Mg CO₂ eq / ha and Baltazar with 835 ± 329.50 Mg CO₂ eq / ha, while the edafo landscapes of Santa Cruz Island presented lower emissions. The quantification by DUMAS of COS between the preserved and non-preserved edafo landscapes of the two islands of the Galapagos archipelago showed high values in Las Diablas (preserved) with 356 Mg / ha and Baltazar (not preserved) with 227 Mg / ha of the island Isabela, while for the case of the edafo landscapes of Santa Cruz Island it was significantly lower than those of Isabela Island, presenting the same case with the LOI method. Likewise, the F-test in the ANOVA table determined that, if there are significant differences between the means, therefore, it is concluded that the carbon sequestration in the mangrove sediments varies as a function of the edafo-landscape.

Keywords: <BIOTECHNOLOGY>, <SOIL ORGANIC CARBON>, <MANGLAR>, <EDAFO-LANDSCAPE>, < GALAPAGOS ARCHIPELAGO >.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Para (Adhikari, Bajracharaya & Sitaula, 2009), los edafopaisajes que están dominados por manglares, desempeñan un papel clave en el secuestro de carbono, una función ecológica que se considera un servicio ambiental de vital importancia en el escenario actual de cambio climático, ya que el depósito de carbono orgánico del suelo puede actuar como una fuente (a través de oxidación del carbono en CO₂ debido a la exposición del suelo a la atmósfera) o un fregadero (a través de la retención a largo plazo de carbono como materia orgánica en el suelo) de dióxido de carbono atmosférico, dependiendo del uso de la tierra, el clima, la textura y la topografía (Vesterdal, Ritter & Gundersen, 2002; Shukla & Lal, 2005; Cerón et al., 2011).

Otros autores como (Calva B. & Torres Alvarado, 2000, p.101-114) mencionan que el ecosistema de manglar que se sitúa cerca de lagunas costeras, no sólo son sistemas altamente productivos, sino que también constituyen importantes reservorios de materia orgánica, siendo la fase sedimentaria el principal sitio de depositación de ésta. La caracterización química de la materia orgánica (MO) típicamente en sedimentos ha involucrado la medición de diferentes propiedades tales como la concentración y el porcentaje de carbono orgánico, la concentración y el porcentaje de nitrógeno orgánico, la proporción C/N (Susan, 1992, p.129-141). La MO en los estuarios y lagunas costeras proviene de diversas fuentes que se agrupan en tres categorías: alóctonas, antropogénicas y autóctonas (Eatherall, 1998, p.65). Los provenientes de fuentes alóctonas abarcan la vegetación adyacente al sistema (marismas y manglares). Entre los aportes antropogénicos se citan las descargas industriales y domésticas que llegan a los ambientes litorales principalmente a través de los ríos; y por otra parte, se encuentran los aportes de origen autóctono, integrados por los productores primarios (Preston & Prodduturu, 1992; Benítez, Alvarado & Toledo, 2009).

Las lagunas costeras, son consideradas como contribuyentes importantes de carbono, además de otros nutrientes, hacia los ecosistemas adyacentes (Young et al., 2005, p.189-202). Según (Hedges, Keil & Benner, 1997; Young et al., 2005) una de las características más importantes de estos ambientes en las zonas tropicales es la vegetación asociada, como los manglares que se pueden constituir en “depósitos de carbono”, al incorporar el CO₂ atmosférico a su metabolismo junto con el carbono inorgánico y residuos orgánicos, los cuales posteriormente quedarán retenidos en los sedimentos, actuando como sumideros.

Problema

En el archipiélago de las islas Galápagos la población humana ha aumentado dramáticamente de 6000 residentes en 1982 a aproximadamente 25,000 habitantes permanentes en 2015 (INEC, 2015). Este crecimiento se ha atribuido tanto al auge del turismo como al de la pesca que creó una “fiebre del oro” hacia las islas (Tanner et al., 2019, p.460), interviniendo y alterando el equilibrio ecológico del lugar, como es el caso del bosque de manglar que domina tanto en edafopaisajes no intervenidos (“Tortuga Bay” de la isla Santa Cruz y en “Las Diablas” de la isla Isabela) como también en sistemas intervenidos específicamente en las “Ninfas” de la isla de Santa Cruz y en la de “Baltazar” de la isla Isabela, los mismos que durante décadas han soportado en gran medida la influencia de actividades relacionadas al turismo que ha aumentado sustancialmente en los últimos años, de 26,000 en 1986 a 218,000 en 2016 según el observatorio de Turismo Galápagos en el 2017, entre otras actividades están las infraestructuras hoteleras y habitacionales, así como también la introducción de especies como el “kykuyo” (*Paspalum vaginatum*) que fue introducida aproximadamente en los años setenta para alimento de ganado y como planta ornamental de jardines, estas actividades así como otras contribuciones antrópicas (la pesca y desconocimiento de la población), visibles en las áreas, acaban por producir serios cambios en el funcionamiento natural de estos ecosistemas y son un indicativo del posible impacto en el manglar que han derivado aspectos ambientales como el incremento de emisiones de CO₂ alterando las funciones que estos ecosistemas deberían cumplir, como servicio de soporte para la acumulación de materia orgánica en sedimentos en el cual se da el proceso de fijación de carbono, así como el de ir provocando una alta variabilidad en la capacidad del ecosistema en acumular gases de efecto invernadero como CO₂ en suelos y sedimentos de los manglares que dominan estos edafopaisajes costeros, provocando una creciente preocupación pública y científica, ya que en la última década el Parque Nacional Galápagos (PNG) no ha concentrado estudios del secuestro de carbono y su variabilidad en sedimentos de diversos edafopaisajes, algunos intervenidos (“Las Ninfas” y “Baltazar”) y otros no intervenidos (“Las Diablas” y “Tortuga Bay”) lo que pone en riesgo el cumplimiento del objetivo del PNG de “Incrementar para precautelar tanto en la recuperación y conservación, el conocimiento científico interdisciplinario de los sistemas ambientales de Galápagos.”

¿Cuánto es la concentración de carbono en los manglares que dominan los edafopaisajes costeros, según su influencia por la intervención actividades antropogénicas?

Justificación

Los ecosistemas de manglar que comprenden lagos y lagunas costeras, efímeros a escala geológica, han llegado a ser reconocidos por ofrecer una variedad de servicios eco sistémicos e importantes por ser grandes contribuyentes de carbono orgánico y otros nutrientes a los ecosistemas costeros adyacentes, pues estudios recientes del carbono almacenado en varios dominios forestales encontraron que en comparación con los bosques de tierras altas boreales, templados y tropicales, los manglares llegaban contener entre 937 t C/ha y 1023 t C/ha , siendo de tres a cuatro veces más alto que el de otros tipos de bosques trópico-forestales que solo promedian entre 223 t C/ha y 316 t C/ha, por lo que se encuentran entre los bosques más ricos en carbono de los trópicos. El alto almacenamiento de Carbono por hectárea, sugiere que los manglares son una reserva de Carbono de superficie de importancia mundial, pues si se alteran las reservas de carbono en los manglares, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) resultantes podrían ser muy altas. Se puede afirmar que el estudio que se ha realizado en sedimentos lacustres dominados por bosques de manglar constituye una importante fuente de información para entender el comportamiento del ecosistema en el cual están depositados (Donato et al., 2011; Alongi, 2012; 2014; Hamilton & Lovette, 2015).

Las Islas Galápagos, conocidas alrededor del mundo como las “Islas Encantadas”, fueron declaradas por la UNESCO, Patrimonio Natural de la Humanidad, en 1978 y en 1985 Reserva de Biósfera y en 2001 incluye a la Reserva Marina de Galápagos en la lista de Patrimonios Naturales de la Humanidad (UNESCO, 2018), razón por la cual los proyectos de investigación que se requieran realizar en la provincia tienen que estar sujetos al Plan de Manejo de las Áreas Protegidas de Galápagos para el Buen Vivir y al Manual De Protocolos Para Actividades De Manejo E Investigación En El Parque Nacional Galápagos Y Reserva Marina De Galápagos para cuando se esté ejecutando el proyecto como tal. (PNG, 2014).

El propósito de la presente investigación exploratoria, es evaluar la concentración de carbono en los sedimentos que se encuentran presentes en los diferentes tipos de manglar, de cuatro edafopaisajes ubicados en las Islas Santa Cruz e Isabela de la provincia de Galápagos, con la finalidad de que se permita promover un modelo de ciencia que genere los conocimientos necesarios para que, junto al uso de tecnología innovadora, la Dirección del Parque Nacional Galápagos y/o Autoridad competente, lleve a cabo sus objetivos de conservación de los ecosistemas y la biodiversidad del archipiélago a través de sus Programas de Manejo y de la información recabada de esta investigación y el de sensibilizar a los habitantes del sitio de estudio sobre los impactos de la variabilidad climática y relacionar estos impactos con sus acciones cotidianas a fin de que este conocimiento y la información obtenida en esta investigación sirvan

para mejorar la toma de sus decisiones con respecto al uso y conservación de estos ecosistemas. Los manglares constituyen ecosistemas sumamente productivos que revisten una enorme importancia en términos tanto ambientales como económicos en las esferas local y mundial. Su enorme contribución al almacenamiento de carbono sugiere que la conservación y la restauración de estos ecosistemas podrían ser una vía que ayude a mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar el secuestro de carbono en sedimentos de manglar de cuatro edafopaisajes en dos islas del Archipiélago de Galápagos.

Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades fisicoquímicas en sedimentos de manglar de cuatro edafopaisajes ubicados en las Islas Santa Cruz e Isabela de la provincia de Galápagos
- Estimar el CO₂ equivalente que se producen en los sedimentos de manglar de cuatro edafopaisajes ubicados en Las Islas Santa Cruz e Isabela de la provincia de Galápagos
- Evaluar la correlación existente entre el método Dumas y LOI en la determinación de Carbono de los sedimentos de manglar de cuatro edafopaisajes ubicados en las Islas Santa Cruz e Isabela de la provincia de Galápagos.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Fijación de carbono en el suelo

El suelo es un elemento natural de importancia máxima para la vida de los seres vivos. Además de brindar un medio adecuado para el desarrollo de las plantas, tiene capacidad de purificar, almacenar y regular el abasto de agua, y de acumular carbono y retenerlo por largos periodos de tiempo, detoxificar los residuos urbanos y transformar los residuos orgánicos que la agricultura genera, además de constituir un elemento fundamental del paisaje (Swift 2001; citado en Estrada Herrera 2007).

El carbono se encuentra formando parte de la mayoría de los elementos que conforman la naturaleza así: en el agua bajo la forma de compuestos carbónicos disueltos y en el aire como dióxido de carbono o anhídrido carbónico. Este elemento es el más importante en la vida de los organismos vivos, ya que representan aproximadamente el 50% del peso seco (Rodríguez & Cargua, 2013,p.68).

La acumulación de carbono orgánico en el suelo (COS) es un proceso importante para mitigar efectos del cambio climático, ya que el suelo, además de ser un sumidero, es un reservorio de carbono estabilizado (Arnalds 2004; Etchevers et al. 2006; Luis-Mejía et al. 2007).

1.1.1 Captura de carbono en suelos

El carbono en el suelo puede estar presente en dos formas, Carbono Orgánico del Suelo (COS) y Carbono Inorgánico del Suelo (CIS). El COS es el componente principal de la materia orgánica del suelo (MOS), la cual juega un papel importante en la productividad de los suelos tropicales como reserva de nutrimentos. El COS almacenado en los primeros 100 cm de profundidad es de 1462-1548 Pg de carbono (1 Pg = 1×10^{15} g) en el mundo. Este Carbono forma uno de los principales compartimientos terrestres, mayor que el Carbono biótico y que el atmosférico. El COS es un indicador de la calidad de suelo y sirve para detectar los cambios en el tiempo (Eswaran, Van Den Berg y Reich 1993; citados en González Molina, Etchevers Barra y Hidalgo Moreno 2008).

La captura de carbono en el suelo se considera actualmente como una estrategia de mitigación crítica para la reducción global del dióxido de carbono (CO₂) de los gases de efecto invernadero atmosféricos. Se informa que es capaz de proporcionar el 19% de las reducciones globales de emisiones de CO₂ para 2050 para facilitar una transición sin problemas hacia la producción y el uso de energía sostenible (L'Orange Seigo, Dohle & Siegrist 2014; citados en Lake, Johnson & Cameron 2016).

Un aumento en la captura de carbono causa un incremento en la biodiversidad activa y un funcionamiento más efectivo de los elementos biológicos del suelo, lo cual es un proceso relativamente lento en la mayoría de los suelos intervenidos por actividad antropogénica. La biodiversidad de todo el agrosistema (vegetación, aves, etc.) también depende del tipo de manejo (Robert & FAO, 2002,p.45).

En lo que se refiere al ciclo del carbono, habrá una mayor captura de carbono por la biomasa aérea y un correlativo ingreso de carbono en el suelo a partir de los residuos de las plantas y del crecimiento y la muerte de las raíces más finas (Robert & FAO, 2002,p.48).

1.1.2 Secuestro de carbono en suelos

Según Battle et al. (1996) y Keeling et al. (1996), la fijación biológica del CO₂ podría exceder a la tasa de mineralización de la materia orgánica, configurando los sistemas terrestres como sumideros de carbono. Por tanto, se hace necesaria la búsqueda de estrategias para reducir las emisiones de carbono a la atmósfera o aumentar la captación de carbono en el suelo. Este proceso se conoce como “secuestro de carbono”: transformación de CO₂ atmosférico en carbono orgánico almacenado en el suelo y la biomasa, quedando así inmovilizado respecto a la circulación biogeoquímica durante largos periodos de tiempo (Gay, 2015,p.10-12).

Como parte del ciclo global natural, hay un balance en el flujo de entrada y de salida de carbono en el suelo. Existe una dinámica que regula la cantidad que ingresa a través de la materia orgánica (45 y 55%) y la que se emite a la atmósfera en forma de bióxido de carbono (CO₂). Al respecto, se considera captura o secuestro de carbono cuando éste permanece en el suelo y, se interpreta como pérdida, si fluye al ambiente (Galicia et al., 2016; citada en Zamora Morales,Cariño & Ibarra, 2017).

Cuando se trata de CO₂, el secuestro de COS comprende tres etapas: 1) la extracción del CO₂ de la atmósfera a través de la fotosíntesis de las plantas; 2) la transferencia de carbono del CO₂ a la biomasa vegetal; y 3) la transferencia de carbono de la biomasa vegetal al suelo donde se almacena

en forma de COS en la reserva más lábil. Esta reserva se caracteriza por la mayor tasa de rotación (días - pocos años), engloba los residuos vegetales recientemente incorporados y se puede descomponer fácilmente por la fauna del suelo, provocando generalmente emisiones de CO₂ a la atmósfera. Por lo tanto, la vital planificación de medidas de secuestro de COS requiere mirar más allá de la captación de CO₂ atmosférico, y requiere encontrar maneras de retener C en la reserva lenta de COS (Kane, 2015; citado en Lefèvre Clara et al., 2017).

El potencial de secuestro de carbono de un ecosistema depende del contenido inicial en carbono orgánico, de las tasas de crecimiento y edad del rodal, de la capacidad biológica inherente al lugar y, finalmente, de la utilización de los productos que se obtengan (Pardos, 2010,p.22).

La proporción de carbono acumulado en suelo y vegetación varía entre ecosistemas y tipos de bosques. En latitudes elevadas, con clima frío, la materia orgánica se descompone lentamente; así, en los bosques boreales el carbono acumulado en el suelo llega al 80-90% del total, mientras que, en el trópico, las temperaturas más suaves aceleran su descomposición y el carbono se reparte a partes iguales entre suelo y vegetación (Pardos, 2010,p.20).

La estabilidad del carbono se incrementa a mayor profundidad ya que a mayor profundidad se incrementa el tiempo de ciclado del carbono y aumentan las formas más recalcitrantes a la biodegradación (Lorenz & Lal, 2005; Nierop & Verstraten, 2003; Kögel-Knabner, 2000; Batjes, 1996). Asimismo, suelos u horizontes de suelos con diferentes texturas tendrán distinta capacidad de secuestro de carbono ya que, los suelos arcillosos retienen más COT que los arenosos, a pesar de haber sido sometidos al mismo aporte de materia orgánica (Hassink, 1994; Amato & Ladd, 1992). Esto se debe a la mayor protección de COT que ejercen las partículas finas contra la biodegradación (Franzuebbers et al., 1996; Van Veen & Kuikman, 1990) . El rol de la textura en el secuestro de carbono no sólo involucra la protección del mismo sino también su impacto en la producción y descomposición de los residuos al controlar la dinámica del agua (Tan et al., 2004; citado en Ruth Paladino, 2014).

El carbono puede mantenerse secuestrado durante más tiempo en el suelo si se ponen en práctica diversas estrategias que fomenten la formación de materiales recalcitrantes (materia orgánica muy persistente por su estabilidad o resistencia a los procesos de degradación microbianos o físico-químicos, y por tanto, no biodisponibles) y disminuyan la mineralización (proceso esencialmente microbiano en el que se descompone la materia orgánica en productos inorgánicos sencillos generando CO₂). De esta manera, lo que se obtiene es la ralentización del ciclo del carbono en las etapas que conciernen al suelo (Gay, 2015,p.16).

1.2 Ciclo del carbono

El ciclo del carbono se inicia con la fijación del dióxido de carbono atmosférico mediante la fotosíntesis que realizan las plantas y algunos microorganismos. En la fotosíntesis, el dióxido de carbono y el agua reaccionan para formar carbohidratos y a la vez, liberar oxígeno, que va a la atmósfera. Parte de los carbohidratos se consumen directamente para suministrar energía a la planta y el dióxido de carbono que así se forma, se libera a través de sus hojas o de sus raíces. Otra parte la consumen los animales, que también liberan dióxido de carbono en sus procesos metabólicos. Las plantas y los animales muertos, en últimas, son descompuestos por los microorganismos del suelo y por ello el carbono de sus tejidos se oxida, forma dióxido de carbono y retorna a la atmósfera (Rivadeneira et al., 2012; citado en Burbano Orjuela, 2018).

El ciclo de carbono está determinado por el almacenamiento y la transferencia entre la atmósfera, biósfera, litósfera y océanos de moléculas constituidas por el elemento carbono, para la comprensión de este ciclo, se debe entender, la diferencia entre un stock y un flujo de carbono. En un ecosistema, el stock de carbono es todo aquello que se encuentra almacenado en los diferentes componentes (hojas, ramas, raíces, hojarasca, suelo) y los flujos son todos aquellos procesos que afectan el stock. Cuando cuantificamos el stock de un bosque, muestreamos: a) la biomasa viva almacenada en las hojas, las ramas, el fuste y las raíces; b) la necromasa almacenada en la hojarasca y la madera muerta; y c) el carbono en la materia orgánica del suelo. Cuando cuantificamos los flujos del carbono en el bosque muestreamos: a) la fotosíntesis de las hojas, b) la respiración autotrófica (p.e. árbol) y heterotrófica (p.e. hojarasca, madera muerta, suelo); c) la mortalidad de troncos, ramas, hojas y raíces; y d) la descomposición de la madera y la hojarasca causada por los organismos degradadores (Honorio Conrado & Baker, 2010,p.32-38).

En el ciclo del carbono se establece un balance entre flujos y almacenes. La circulación del carbono comienza en la reserva atmosférica. Las plantas adquieren el CO₂ atmosférico por medio de la fotosíntesis, pero una parte del CO₂ regresa a la atmósfera. El flujo de CO₂ en los ecosistemas terrestres está regulado principalmente por el suelo (Rosenzweig & Hillel, 2000,p.47-56), ya que en éste se mineralizan constantemente residuos de plantas, animales y materiales orgánicos. Este proceso es dinámico e influye determinantemente en las condiciones climáticas del planeta (Rojas-García et al., 2017,p.70-74).

El almacenamiento en los ecosistemas terrestres está limitado principalmente a la madera de los árboles y a la materia orgánica de los suelos, que juntas representan una reserva de carbono, que es alrededor de tres veces la reserva de carbono del CO₂ atmosférico (Saugier & Pontailier, 2006,p.74-

80). Se ha estimado que la reserva de carbono en los suelos del mundo es más del doble que la que se encuentra en la atmósfera (Saugier & Pontauiller, 2006; citado en Rojas-García et al., 2017).

La fotosíntesis y el uso posterior de sus subproductos por otros organismos hace que el carbono fluya entre los bosques, los suelos y los océanos, mientras que el consumo de energía humana hace que el carbono pase de las reservas de combustibles fósiles a la atmósfera. A medida que el carbono fluye entre ellos, cada una de estas tiene la capacidad de ser una fuente o un sumidero. Los sumideros de carbono son acumulaciones que acumulan más carbono del que liberan, mientras que las fuentes de carbono liberan más carbono del que acumulan. Comprender la dinámica de la fuente / sumidero y cómo optimizar la capacidad de los sumideros para extraer y mantener el carbono fuera de la atmósfera es crucial para revertir el cambio climático antropogénico (Kane, 2015,p.16-20).

En general, el ciclo del carbono y el secuestro de carbono son más activos en los horizontes superficiales del suelo, mientras que el carbono estabilizado con tiempos de rotación más largos constituye una mayor proporción del COS total encontrado en los horizontes profundos del suelo (Trumbore, 2009; Rumpel,Chabbi & Marschner, 2012). (Beare et al., 2014) Estimaron que, a mayor profundidad, los suelos tienen una mayor capacidad de almacenar C adicional en comparación con las capas superiores, debido a una mayor diferencia entre el contenido de COS existente y el valor de saturación de COS. La acumulación de C estabilizado con largos tiempos de residencia en horizontes profundos del suelo puede deberse al transporte continuo, a la inmovilización temporal y al procesamiento microbiano dentro del perfil del suelo (Kaiser & Kalbitz, 2012; citado en Lefèvre Clara et al., 2017).

1.3 Carbono orgánico en los manglares

El carbono del suelo de manglar se origina en dos fuentes principales, a saber, alóctonas (insumos marinos inducidos por las mareas y sedimentos aguas arriba transportados fluvialmente) y autóctonos (insumos de carbono de biomasa en el sitio) (Sasmito et al., 2020,p.45). El carbono autóctono se produce y deposita en el mismo lugar como resultado de la fotosíntesis, la producción primaria neta y la deposición de materia orgánica en el suelo. Una gran parte de la biomasa vegetal se asigna a las raíces donde se descompone muy lentamente en condiciones anaeróbicas, almacenando también el carbono dentro de los suelos hídricos del manglar (Rodríguez, 2017,p.34-38).

De acuerdo con (Donato et al., 2011,p.294), los manglares pueden llegar a almacenar mayores concentraciones de carbono (~1000 Mg C/ ha), en comparación con los bosques boreales (~350 Mg C/ ha), bosques templados (~349 Mg C/ ha) y bosques tropicales (~230 Mg C/ ha). El carbono

orgánico de los manglares se almacena principalmente en suelos, que contienen más de dos tercios de las reservas totales de carbono del ecosistema de manglar (Herrera Silveira & Hernández, 2017,p.43-52).

El carbono capturado por los manglares, en forma de CO₂, a través de la fotosíntesis y almacenado (producción) en hojas, ramas, troncos, raíces y en los sedimentos, puede transportarse (flujos) a otros ecosistemas, con lo que se contribuye al funcionamiento y conectividad de un ecosistema a otro (Herrera Silveira & Hernández, 2017,p.48).

Las tasas de entierro de carbono orgánico en los manglares generalmente varían de 0.2 a 10.2 Mg C/ ha año a nivel mundial, que es aproximadamente 20 veces más grande que los ecosistemas forestales terrestres (Sasmito et al., 2020,p.46).

La contribución de los manglares al secuestro de carbono es un medio importante por su aporte a la lucha contra el cambio climático. Sin embargo, la mayor parte de las reservas de carbono en los manglares se almacena en el suelo y el subsuelo, acumulando un promedio total de 956 Mg C/ ha ; el cual representa el almacenamiento total más alto de carbono comparado con otros ecosistemas del trópico (Rodríguez, 2017,p.36-37).

Los manglares son altamente productivos, con tasas de producción de carbono equivalentes a los bosques húmedos tropicales y asignan proporcionalmente más carbono bajo tierra, teniendo mayores proporciones de masa de carbono debajo del suelo que los árboles terrestres. La mayoría del carbono de los manglares se almacena como grandes reservas en el suelo y las raíces muertas. Si las reservas de carbono de los manglares se alteran, las emisiones de gases resultantes pueden ser muy altas. Independientemente de las incertidumbres y la naturaleza única de la implementación de los proyectos alternos, los manglares son ecosistemas principales para la reforestación y restauración (Alongi, 2012,p.316-320).

1.3.1 Carbono orgánico en sedimentos de manglar

En los ecosistemas acuáticos, los sedimentos representan el depósito final de muchas sustancias provenientes de la corteza terrestre y de la atmósfera, las cuales dependiendo de su naturaleza y concentración pueden influenciar el comportamiento de las comunidades biológicas existentes. En general, los sedimentos funcionan como una matriz integradora de todas las aportaciones orgánicas e inorgánicas que suceden en un ecosistema (Velásquez et al., 2016,p.80-84).

El carbono orgánico en sedimentos se subdivide comúnmente en tres categorías según su origen: un grupo alóctono derivado de la materia orgánica terrestre (lixiviación del suelo y erosión física); un conjunto autóctono derivado de la producción biológica in situ (fitoplancton); y un conjunto antropogénico derivado de actividades agrícolas, domésticas e industriales (contaminación difusa y residuos de efluentes). El carbono orgánico (OC) en los sedimentos está presente tanto, en disuelto (DOC) como en partículas(POC) . El POC y el DOC se originan a partir de la erosión de la superficie de captación, del banco y del canal. De 10 a 50% de POC y de 3 a 35% de DOC es lábil, lo que significa que está sujeto a diversos procesos en el medio marino fluvial, estuarino y costero, como la asimilación , la mineralización o la sedimentación (Fabre et al., 2019,p.124-132).

Los sedimentos de los manglares son anóxicos y también son una fuente de gases de efecto invernadero mediados microbianamente, como, por ejemplo: CO₂, CH₄, N₂ y N₂O. El crecimiento y la productividad de los manglares están estrechamente relacionados con los depósitos de nutrientes bentónicos y las transformaciones de nutrientes por la descomposición microbiana de la materia orgánica. Si los suelos de los manglares son perturbados, son susceptibles de liberar grandes cantidades de gases de efecto invernadero (Rodríguez, 2017,p.46-50).

El flujo de carbono orgánico disminuye sorpresivamente al aumentar la profundidad en la columna de agua del sedimento. La acumulación de la materia orgánica, en términos de carbono orgánico total (COT), básicamente refleja los patrones de distribución en el que existe una variabilidad a pequeña escala en los procesos sedimentológicos y biogeoquímicos. El análisis elemental permite determinar el carbono total y orgánico en el sedimento. El carbono total se determina a partir de una muestra de sedimento, mientras que para la determinación del CO es necesario tener las muestras de sedimento libres de carbonato (García Villalobos & Escobar Briones, 2007,p.120-126).

La acumulación de materia orgánica en los suelos de los manglares depende de la tasa de entrada (materia orgánica producida in situ y ex situ) y las salidas (descomposición bajo condiciones anóxicas/anaerobias). La descomposición de material orgánico dentro de un manglar es un mecanismo complicado que involucra procesos aerobios y anóxicos/anaerobios. En los suelos de los manglares, los promedios de descomposición de material orgánico suelen ser bajos por las condiciones anaerobias, por lo que su potencial de almacenamiento de C es alto (Rodríguez, 2017,p-32-34).

1.4 Edafopaisajes Costeros

Generalmente definido como una concavidad de la superficie terrestre con cierto nivel de saturación de agua, se conforma siguiendo una forma distinta al de una escorrentía totalmente natural (Baeza-Herrera et al., 2010,p.18). Tanto los edafopaisajes como algunos ecosistemas (sistemas lacustres) constituyen importantes reservorios de materia orgánica, siendo la fase sedimentaria el principal sitio de depositación de ésta. El análisis químico típicamente en sedimentos de lagunas costeras ha involucrado la medición de diferentes propiedades tales como la concentración y el porcentaje de carbono orgánico, la concentración y el porcentaje de nitrógeno orgánico, la proporción C/N (Calva B. & Torres Alvarado, 2000,p.106-108).

La diferencia en la acumulación de carbono en el suelo terrestre frente a los edafopaisajes costeros, es que el almacenamiento potencial de carbono en los suelos de tierras altas tiene alta disponibilidad de oxígeno, lo que permite la oxidación microbiana de carbono aeróbico y la liberación de nuevo en la atmósfera. En los ecosistemas marino-costeros, donde el suelo es saturado con agua, se mantiene en un estado anaeróbico (bajo a ningún oxígeno), lo que resulta en una acumulación continua de carbono a lo largo del tiempo (Rodríguez, 2017,p.56-60).

En edafopaisajes o marinos de condiciones reductoras, la MO puede acumularse dando origen a formaciones de turba, leonarditas, lignitos, entre otros que secuestran C y lo acumulan en yacimientos organógenos sedimentarios donde tienen tiempos de residencia superiores a las decenas de millones de años. Las condiciones de sobresaturación de agua (H₂O) inhiben la difusión de oxígeno al suelo y en consecuencia la oxidación del C y emisión de CO₂, es prácticamente nula (Méndez Moreno, 2016, p. 156-158).

1.5 Manglares en el Ecuador

Los bosques de manglar son asociaciones anfíbias de plantas leñosas arbóreas o arbustivas, con una alta tolerancia a la salinidad. Se encuentran ubicados al nivel del mar dentro de la zona de influencia directa de las mareas, en los estuarios y desembocaduras de los ríos. Estos ecosistemas reciben el nombre de manglar debido a que su especie vegetal dominante se conoce comúnmente con el nombre de “mangle”. Los manglares son ecosistemas importantes que suministran agua, comida, forraje, medicina y miel. También son hábitats para muchas especies, tales como: cocodrilos, serpientes, delfines, aves, entre otros. Una amplia variedad de peces y mariscos dependen también de estos bosques. Además, su presencia ayuda a proteger a los arrecifes de coral de los sedimentos de las tierras altas (Cornejo, 2014,p.16-20).

Los bosques de mangles en Ecuador abarcan aproximadamente 157 094,28 ha, y están compuestos principalmente por las bien conocidas especies de mangles mayores: *Rhizophora mangle*, *R. racemosa*, *R. x harrisonii*, *Laguncularia racemosa* var. *racemosa*, *L. racemosa* var. *glabriflora* y *Avicennia germinans* (Cornejo, 2014, p.26).

El clima de la zona de manglares en Ecuador es tropical y va desde muy lluvioso al norte del país, húmedo en la zona central y seco en la zona sur; la precipitación media anual fluctúa entre 1.200 y 3.500 mm/año, los meses más lluviosos son enero a junio y los menos lluviosos Julio a diciembre. La temperatura es muy estable durante todo el año, la media mensual fluctúa entre 24,5 y 27,5 °C, presentándose mayores fluctuaciones durante los meses lluviosos. Otros meteoros como vientos, heliofanía, nubosidad no presentan variaciones considerables durante el año (Bodero, 2005,p.8-12).

Los suelos de las áreas de manglar son pantanosos, saturados de humedad, ligeramente ácidos y compuestos de limo, arcilla, arena y restos de materia orgánica en diversos estados de descomposición; en general, por ser ambientes de baja energía, hay preponderancia de fracciones finas (arcillas y limos) (Bodero, 2005,p.14).

Existen tres tipos fisiográficos del manglar: (1) El bosque del manglar ribereño, Se encuentra en las márgenes de los ríos, a lo largo del rango de intromisión salina. La vegetación está frecuentemente dominada por *Rhizophora* spp. y en distintas asociaciones con las demás especies de mangles. En estos ambientes las descargas de agua dulce y nutrientes por lo general son altas, produciendo bosques de características estructurales bien desarrolladas. (2) El bosque de manglar de borde, se encuentra en primera línea en la dirección mar-tierra, está sujeto a inundaciones diarias (más de 700 veces por año). La vegetación está dominada por *Rhizophora* spp., alcanza un gran desarrollo estructural debido a las grandes descargas de nutrientes y sedimentos traídos por la marea. (3) El bosque de manglar de cuenca, Se encuentra hacia la parte posterior del manglar y cerca de los salitrales. Pueden ser alcanzados solamente por las mareas más altas y drenan lentamente después de permanecer inundados por un determinado periodo de tiempo. La salinidad intersticial es elevada durante la estación seca, esta decrece durante la estación lluviosa. Los árboles y arbustos mejor adaptados en esas áreas son *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus* (Cornejo, 2014,p.36-40).

1.5.1 Manglares en la provincia de Galápagos

En todas las islas del archipiélago de Galápagos, independientemente de su ubicación, la vegetación alrededor de las lagunas está dominada por manglares. Es más, los manglares imperan en la zona influenciada por el agua de mar en los trópicos, con varias especies extendiéndose inclusive a las zonas salobres e hipersalinas. Esto da cabida a un considerable debate en lo que respecta a la existencia de una sucesión en sistemas de humedales costeros como los manglares. Las primeras impresiones señalan que especies como *Rhizophora* actúan como pioneras, atrapando sedimentos y desenvolviéndose como constructoras de tierra (Gelin & Gravez, 2002b,p.120-122). Esto permite luego que otros mangles como *Avicennia* se establezcan y eventualmente dominen el espacio previamente ocupado por *Rhizophora*. Con el tiempo, la especie pionera se ve forzada hacia la costa para sobrevivir, y de este modo, progresivamente extiende el margen terrestre. Sería más conveniente considerar a los manglares como consolidadores de tierra en vez de creadores (Gelin & Gravez, 2002b,p.124).

En las islas Galápagos se encuentran distribuidas 4 especies de manglares ocupando un total de 1000 hectáreas. Las cuales son el Mangle Blanco (*Laguncularia racemosa*), Mangle Negro (*Avicennia germinans*), Mangle Rojo (*Rhizophora racemosa*) y Mangle Botón (*Conocarpus erecta*). Los mangles están distribuidos en las diferentes islas e islotes de las Islas Galápagos. Dependiendo de la especie se los puede encontrar desde la parte intermareal hasta la parte lineal de la costa (Godoy & Ajoy, 2018,p.4-7).

- Al Mangle Blanco también se lo puede encontrar en otras regiones tropicales como México, Florida, Perú, Brasil y África occidental. En las Islas Galápagos habitan en Fernandina, Floreana, Isabela, Pinta, Pinzón, Rábida, San Cristóbal, Santa Cruz, Santiago y Bartolomé.
- Al Mangle Negro se lo encuentra en otras regiones tropicales como Texas, Florida, Perú y Brasil. En las Islas Galápagos habitan en Baltra, Española, Fernandina, Floreana, Isabela, Pinzón, Rábida, San Cristóbal, Santa Cruz, Santiago y Bartolomé.
- Al Mangle Rojo se lo encuentra en todas las regiones tropicales del mundo. En las Islas Galápagos habitan en Española, Fernandina, Floreana, Genovesa, Isabela, Pinzón, Rábida, San Cristóbal, Santa Cruz, Santiago y Bartolomé.
- Al Mangle Botón se lo encuentra en las islas de Santa Cruz, Santiago, Isabela, San Salvador y San Cristóbal (Dirección del Parque Nacional Galápagos (DPNG), 2014; citado en Godoy & Ajoy, 2018).

CAPÍTULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

2.1 Área de estudio

La superficie total del archipiélago de Galápagos es de 8.010 km²., con un mar territorial insular de 817.392 km² (INOCAR, 2011,p.18). El archipiélago comprende 13 islas y más de 200 islotes, con 1667 km de costa en su mayoría rocosa. El Archipiélago es reconocido mundialmente por su papel como la cuna de la teoría de la evolución de Charles Darwin, como un punto de acceso al endemismo y como una región prioritaria para la conservación (Tanner et al., 2019,p.12-24).

El 46% del área del archipiélago de Galápagos entre la costa y 1 km hacia el interior, está hecha de cobertura dominada por lava, sobre el cual deben crecer los manglares y la vegetación costera. El Parque Nacional protege el 97% del área terrestre (~ 7700 km²), el 3 % se utiliza para asentamientos humanos y tierra productiva (agricultura, ganadería, madera y canteras), que se produce en cuatro islas, a saber, Santa Cruz e Isabela (áreas de estudio para esta investigación), San Cristóbal y Fernandina (Moity,Delgado & Salinas De León, 2019,p.14).

El área de estudio lo conforman las unidades de vegetación costera (manglar) que rodean los edafopaisajes (Las Diablas y Baltazar) de las isla Isabela y (Las Ninfas y Tortuga Bay) de las isla Santa Cruz, definidas por los diferentes tipos de mangle compuestas por las especies *Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus*, *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora* mangle, donde las dos primeras especies se encuentran típicamente en el borde terrestre de la marea intermareal y las dos últimas, especialmente *R. mangle*, que dominan la franja costera (Costa,Salinas-de-León & Aburto-Oropeza, 2019b,p.455-463).

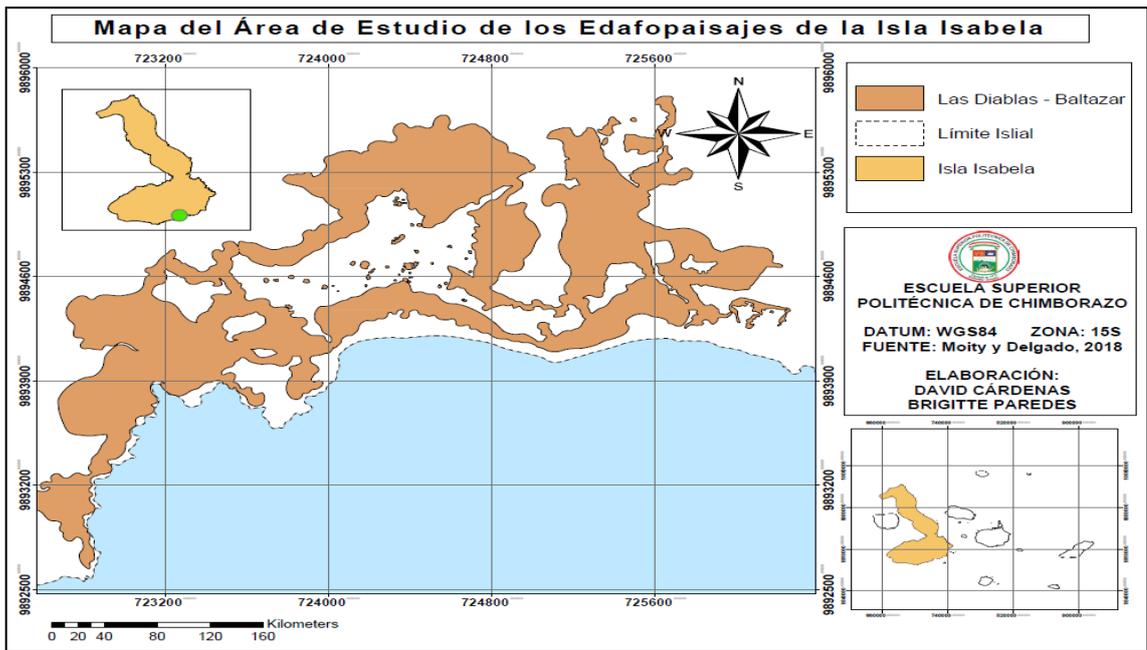


Gráfico 1-2: Área de estudio de los Edafopaisajes de la isla Isabela
 Fuente: (Moity & Delgado, 2018)
 Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

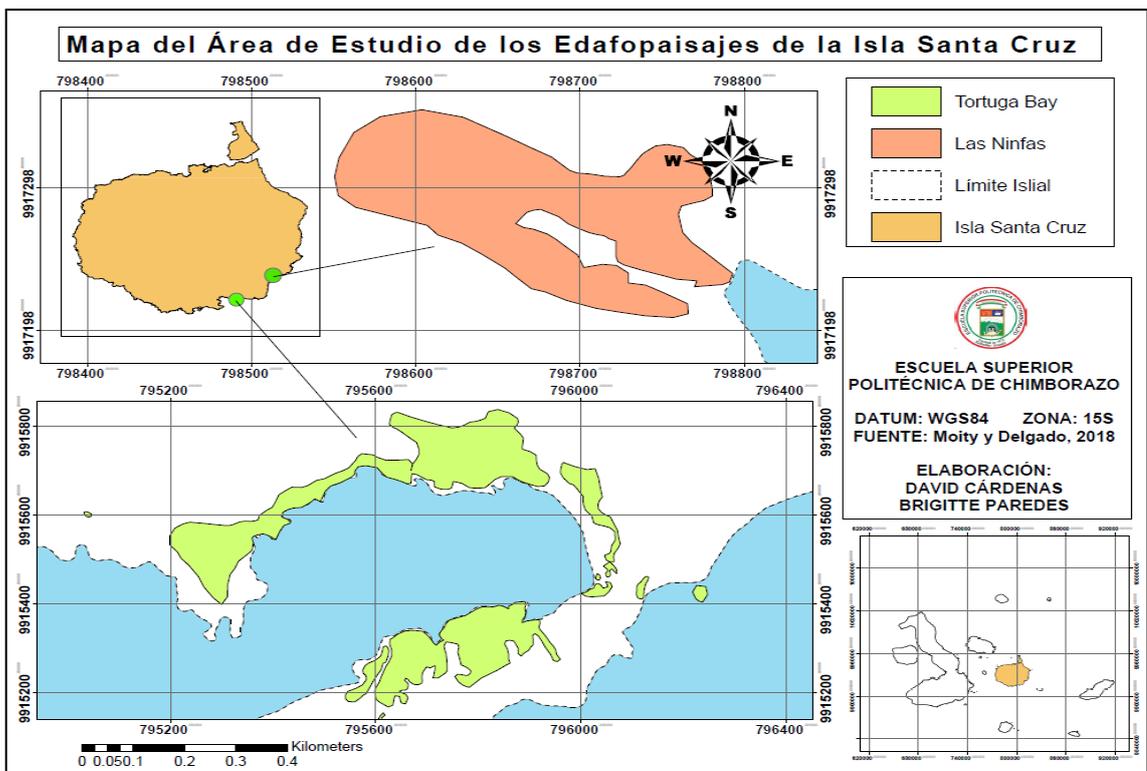


Gráfico 2-2: Área de estudio de los Edafopaisajes de la isla Santa Cruz
 Fuente: (Moity & Delgado, 2018)
 Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

2.1.1 Ubicación geográfica

En la zona costera, la precipitación media anual es de 469.0 mm, la temperatura media anual de 24.1 ° C y la temperatura media anual de la superficie del mar (SST) es de 23.6 ° C (datos de la Estación de Investigación Charles Darwin, latitud -0.743456 °, longitud -90.303710 °, a 2 m snm, cerca de Puerto Ayora, periodo 1965-2015) (Moity, Delgado & Salinas De León, 2019, p.14).

Los mangles de la provincia de Galápagos que dominan los cuatro edafopaisajes en estudio corresponden a las islas pobladas de los cantones:

- **Isabela**

El complejo de manglares se ubica al sur de la isla Isabela en el entorno de la bahía de Puerto Villamil (Provincia de Galápagos-Ecuador), con una altitud de 130 m.s.n.m (GAD ISABELA, 2012, p.64), abarcando una estrecha franca marina y un sistema de lagunas que se extiende a lo largo de 6.5 Km de costa. El complejo de lagunas costeras para esta investigación abarca una superficie de aproximadamente 85ha y comprende los siguientes edafopaisajes y sus áreas de manglar asociadas: Las Diablas con coordenadas -0.953194 (latitud) y -90.975476 (longitud) y Baltazar -0.947984 (latitud) y -90.968598 (longitud) (Chávez et al., 2003, p.78-82).

- **Santa Cruz**

La isla Santa Cruz es una de las más grandes e importantes del archipiélago de Galápagos, es de forma semicircular y tiene aproximadamente 985.6 km² de superficie (INOCAR, 2011, p. 19-20). El manglar de la Laguna de las Ninfas y el de Tortuga Bay se sitúa al sur de la isla cerca de Puerto Ayora, con una altitud de 0-160 m.s.n.m. con coordenadas -0.747323 (latitud) y -90.3167877 (longitud) (GAD SANTACRUZ, 2012, p.34).

2.2 Tipo y diseño de la investigación

2.2.1 Según el enfoque de estudio

2.2.1.1 Mixto

De tipo mixto debido a que la investigación se profundiza en algunas variables con enfoques cuantitativos, a partir de la recogida de datos (parámetros físico-químicos, CO₂-eq y CO); y cualitativos (isla, edafopaisaje, entre otros), que evaluados permitieron obtener resultados más confiables y aceptar o rechazar la hipótesis planteada.

2.2.2 Según el área de estudio

2.2.2.1 Descriptiva.

De tipo descriptivo ya que la investigación se emplearon métodos y técnicas para detallar las características del secuestro de carbono almacenado en los sedimentos de los diferentes tipos de manglar que dominan en los edafopaisajes del Archipiélago de Galápagos.

2.2.3 Según el método usado

2.2.3.1 Deductivo

De tipo deductivo ya que en la investigación los parámetros medidos (Densidad aparente, Carbono Orgánico, conductividad eléctrica, entre otros) y tabulados dentro del estudio ofrecieron recursos confiables para concluir los resultados que se dedujeron para corroborar la hipótesis planteada.

2.3 Hipótesis

2.3.1 Hipótesis nula

El secuestro de carbono en los sedimentos de manglar no varía en función del edafopaisaje.

2.3.2 Hipótesis de alternativa

El secuestro de carbono en los sedimentos de manglar varía en función del edafopaisaje.

2.3.3 Variables

- Variable Dependiente: Secuestro de Carbono
- Variable Independiente: Edafopaisaje

2.4 Población de estudio

Tabla 1-2: Población de Estudio

	Edafopaisaje	Área del Mangle (ha)	Porcentaje (%)
Santa Cruz	Tortuga Bay	10	5
Isabela	Diablas Baltazar	270,69	94
Santa Cruz	Ninfas	1,89	1
TOTAL		281,67	100

Fuente: (Moity & Delgado, 2018).

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

2.5 Muestra

Con el apoyo de información geográfica se determinó el área de estudio para los sedimentos que están en los distintos edafopaisajes de los ecosistemas para las dos islas ubicadas en el archipiélago de Galápagos en estudio.

2.5.1 Tamaño de la muestra

Para conocer el mangle que se encuentra en los distintos ecosistemas a estudiar en el archipiélago de Galápagos, se utilizó la cartografía del trabajo de investigación titulado: “Distribución de manglares en las islas Galápagos, SIG y capas de Google Earth” (Moity & Delgado, 2018). Encontrando los valores de las áreas que se muestran en la tabla 2-1.

Tabla 2-2: Edafopaisajes de Galápagos: descripción general, síntesis de los inventarios botánicos y análisis de amenazas.

LAS DIABLAS Y BALTAZAR	
Descripción general	
Ubicación	La laguna más grande de la isla y probablemente del Archipiélago; situada en el borde oeste del pueblo de Puerto Villamil (sur de Isabela)
Superficie	280 ha
Tipo de laguna	Laguna costera permanente de agua dulce-salobre
Mangle	Conocarpus erecta, Rhizophora mangle, Laguncularia racemosa.
Especies introducidas	Pennisetum clandestinum (kikuyo)
Amenaza	Especies introducidas (ranas) Actividades humanas (pesca, desarrollo del turismo)
TORTUGA BAY	

Descripción general	
Ubicación	5 km al oeste de Puerto Ayora (sur de Santa Cruz), conocida por su playa bahía Tortuga (“Tortuga Bay”)
Superficie	10 ha
Tipo de laguna	Laguna costera permanente hipersalina
Mangle	Mangle: <i>Rhizophora mangle</i> , <i>Avicennia germinans</i>
Amenazas	Introducción de nuevas especies Actividades humanas (pesca, desarrollo del turismo)

LAGUNA DE LAS NINFAS

Descripción general	
Ubicación	3 km del malecón de Puerto Ayora (Oeste de Santa Cruz)
Superficie	1.89 ha
Tipo de laguna	Laguna costera filtrada (dulce-salada)
Mangle	<i>Rhizophora mangle</i> , <i>Laguncularia racemosa</i>
Amenazas	Actividades humanas (pesca, desarrollo del turismo)

Fuente: (Gelin & Gravez, 2002a, p. 20-30; 2002b, p. 125-132; Moity & Delgado, 2018,p.65-72)

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

2.5.2 *Diseño experimental*

Tabla 3-2: Diseño de Base

Número de factores experimentales: 1
 Número de bloques: 1
 Número de respuestas: 1
 Número de corridas: 44
 Grados de libertad para el error: 40
 Aleatorizar: Sí

<i>Factor A</i>	<i>Niveles</i>	<i>Unidades</i>
Edafopaisaje	4	NA

<i>Respuestas</i>	<i>Unidades</i>
COS	Mg/ha

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

Se ha creado un diseño Completamente aleatorio (ANOVA) el mismo que ha sido ejecutado en un solo bloque. El orden de los experimentos ha sido completamente aleatorizado, para realizar tratamientos de un factor a otro a través de un análisis estadístico. Esto aportará protección contra el efecto de variables ocultas.

2.5.3 *Selección de los puntos de muestreo*

Los puntos de muestreo fueron ubicados de forma aleatoria tomando en cuenta la distribución espacial de los mangles a lo largo de la extensión del edafopaisaje correspondientes a los ecosistemas de estudio en el archipiélago de Galápagos.

La georreferenciación del lugar de estudio se lo efectuó durante las salidas de campo mediante el uso de un equipo GPS, en el cual se tomaron las coordenadas de los puntos necesarios para posteriormente plasmar la ubicación geográfica del área de estudio.

Tabla 4-2: Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo.

ISLA	EDAFOPAISAJE	MANGLE	PUNTO	ALTURA (m)	COORDENADAS			
					X	Y		
SANTA CRUZ	LAS NINFAS	Rhizophora racemosa	P1	-1	798639	9917318		
			P2	4	798635	9917323		
			P3	-1	798631	9917326		
			P8	14	798757	9917235		
		Laguncularia racemosa	P4	21	798562	9917296		
			P5	11	798566	9917301		
			P6	9	798568	9917310		
			P7	8	798733	9917255		
	TORTUGA BAY	Avicennia germinans	P1	10	795837	9915831		
			P2	2	795787	9915807		
			P3	5	795693	9915817		
			P4	9	795711	9915804		
		Rhizophora racemosa	P5	9	795740	9915794		
			P6	5	795877	9915795		
			LAS DIABLAS	Laguncularia racemosa	P1	4	723851	9893777
					P6	6	723770.5	9893942.3
Rhizophora racemosa	P2	7		723864	9893993			
	P3	-9		725057	9894275			
	P8	7		723962.9	9894101.6			
	P9	6		723846.6	9894013.8			
Conocarpus erecta	P4	7	724939	9894192				
	P5	2	724991	9894173				
	P7	6	725064	9894121				
BALTAZAR	Conocarpus erecta	P1	6	725775.1	9894644.7			
	Laguncularia racemosa	P2	6	725690.7	9894524			

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

Las salidas de campo fueron planeadas con un mes de anticipación por parte del grupo de campo, previa a una revisión por parte del líder del grupo, el mismo que estaba a cargo de dirigir, guiar y reconocer las unidades de muestreo, otra persona estaba a cargo de las fichas de campo y del etiquetado de las muestras, y otras dos a cargo de la recolección de las muestras con la ayuda de un barreno para su posterior transporte al laboratorio.

2.5.4 Muestreo

La razón por la que el muestreo se realizó en sedimentos es debido a que según estudios realizado por (Eswaran, Van Den Berg & Reich, 1993; Tan et al., 2004) indican, que es en el suelo donde hay mayor depósito de carbono, (aproximadamente 1400-1600 picogramo=PG (1PG = 1015 g) y almacena alrededor de 3,3 veces más carbono que la atmósfera y 4,5 veces más que la biomasa total sobre la Tierra.

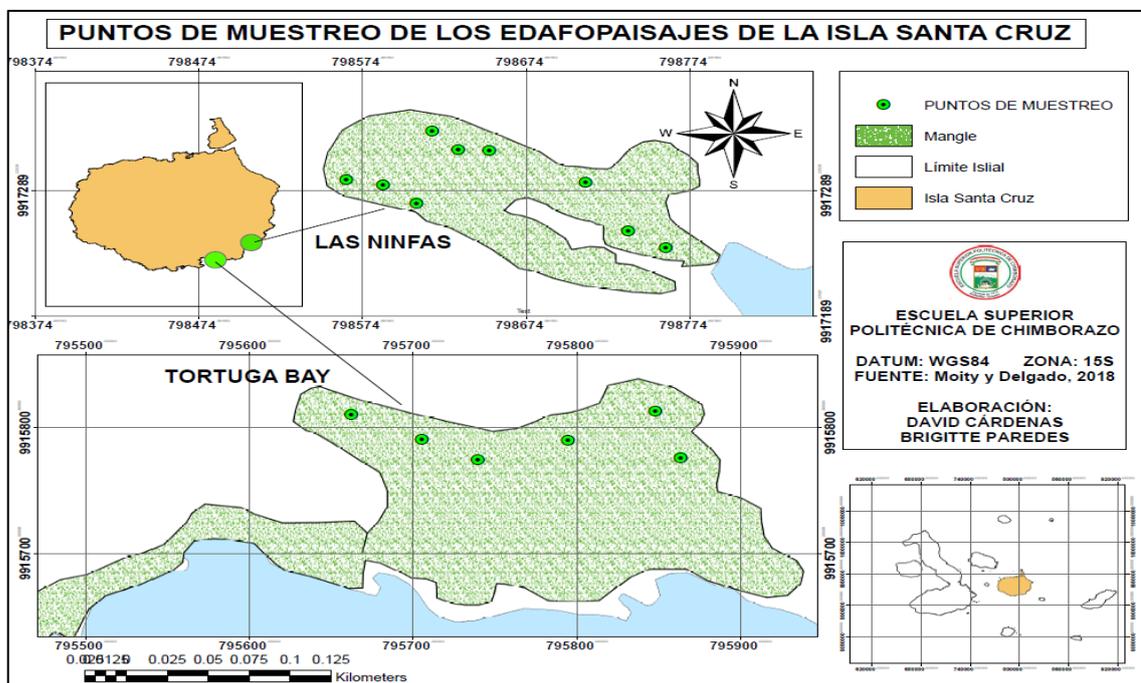


Gráfico 3-2: Puntos de muestreo de los edafopaisajes de la isla Santa Cruz

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

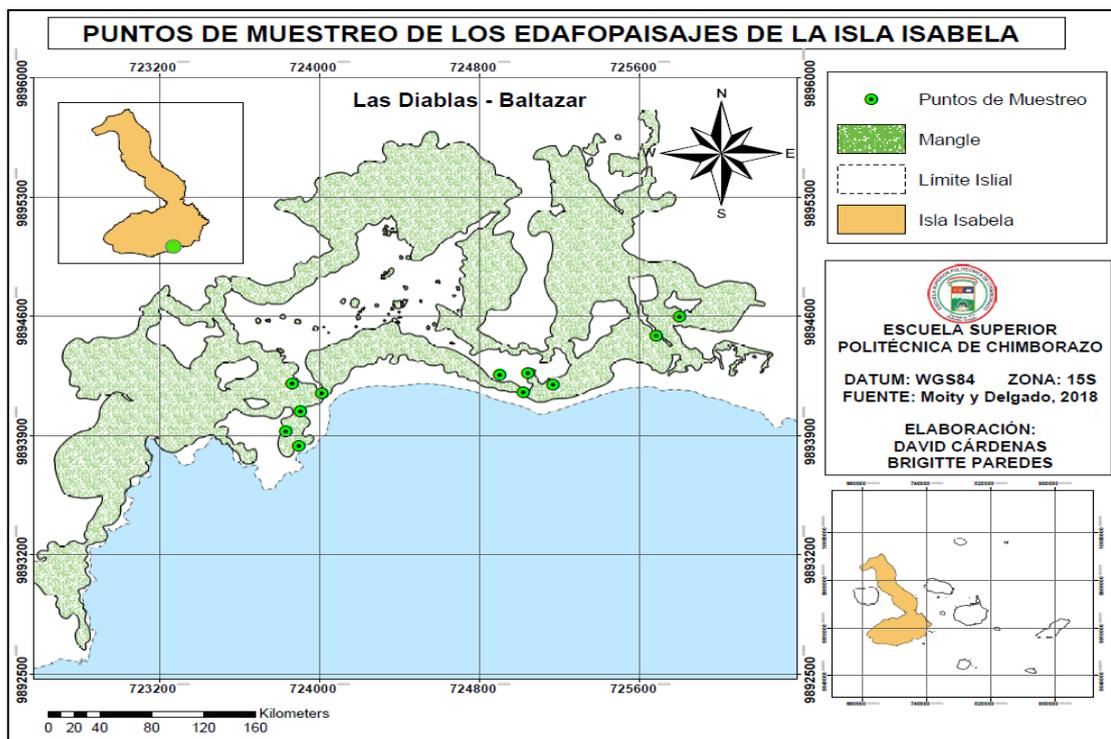
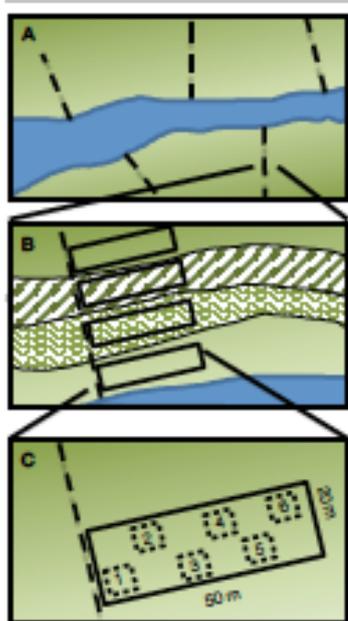


Gráfico 4-2: Puntos de muestreo de los edafopaisajes de la isla Isabela

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

Considerando las unidades de vegetación que definen los diferentes tipos de manglar (*Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans*, *Rhizophora racemosa*, *Conocarpus erecta*) según sugiere el manual “Coastal Blue Carbon: Methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangrove, tidal salt marshes and seagrass meadows” (Howard et al., 2019,p.44-56), en cada unidad o tipo de manglar se estableció una *parcela homogénea* en cuanto a la vegetación y naturaleza del sustrato. En cada una de estas parcelas se distribuyó al azar sub parcelas en las cuales se tomaron dos muestras de sedimentos a diferentes profundidades, según se indica la figura 1-2.



- A) Distribución de transectos siguiendo el gradiente mareal.
- B) Ubicación de las parcelas homogéneas de 20x50 m.
- C) Distribución aleatoria de las sub parcelas de muestreo.

Figura 1-2: Modelo de muestreo de sedimento

Fuente: (Howard et al., 2019)

La salida de campo se realizó en una temporada climática, en los dos edafopaisajes presentes en la isla Isabela y dos sistemas presentes en la isla Santa Cruz como sitios de estudio. La salida tuvo una duración de 30 días en los que la actividad principal fue la recolección y preservación de muestras de sedimentos.

Para la realización del muestreo de sedimentos se tomó como referencias la metodología de (Gómez Durañona, 2005,p.65-68). En el que se empleó un Muestreador de fabricación mecánica manual (barreno) (Fig.2-2), diseñado para obtener una muestra inalterada del sedimento. Es importante mencionar que para el caso de Galápagos la toma de muestras en función de horizonte y profundidad podrían variar.

Las muestras de sedimentos se tomaron a diferentes profundidades dependiendo de cambios en la morfología y composición del suelo, pero de manera general fue: 0-20 cm, 20-40 cm, (Howard et al., 2019,p.42).



Figura 2-2: Muestreadores especialmente diseñados para suelos y sedimentos de manglar.

Fuente: (MERTIND, 2017)

Para el traslado de las muestras, éstas fueron revisadas por las autoridades del Parque Nacional Galápagos (PNG) y la Agencia de Regulación y Control de la Bioseguridad y Cuarentena para Galápagos (ABG).



Figura 3-2: Revisión de las muestras por parte de las autoridades del PNG y ABG.

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

Para el transporte de muestras desde el archipiélago hacia el continente, todas las muestras fueron puestas en fundas ziploc, las mismas que fueron rotuladas y selladas herméticamente claramente diferenciadas, con sus respectivos códigos y colocadas en un cooler para su traslado.



Figura 4-2: Empaque de las muestras para su transporte al continente.

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

Tabla 5-2: Muestras Compuestas Recolectadas

ISLA	EDAFOPAISAJE	MUESTRAS Compuestas	DEFINICIÓN
ISABELA	Las Diablas	En cada unidad o tipo de manglar se estableció una parcela homogénea en cuanto a la vegetación y naturaleza del sustrato de 20x50m.	En cada una de estas parcelas se distribuirán al azar 6 sub parcelas 0.25x0.25m en las cuales se tomarán las muestras de sedimentos según se indica en la Figura 5.
	Baltazar		
	Las Ninfas		
SANTA CRUZ	Tortuga Bay		

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

2.6 Materiales y Equipos

2.6.1 Materiales

- Barreno

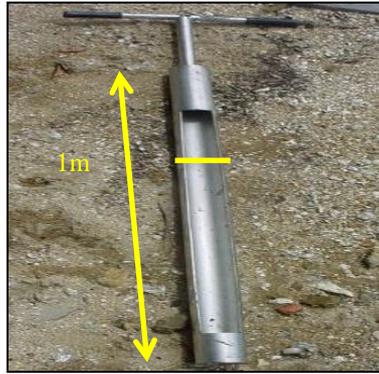


Figura 5-2: Barreno para muestreo de sedimentos.

Fuente: (MERTIND, 2017)

Los barrenos les permiten obtener una muestra uniforme para enviarlas a los laboratorios para su analices correspondiente. Esenciales para el monitoreo de nutrientes de suelo y nematodos en el perfil del suelo. El muestreo del suelo es extremadamente importante para asegurar la óptima salud de sus plantas (MERTIND, 2017,p.14).

- Fundas Ziploc



Figura 6-2: Fundas ziploc para muestras de sedimentos.

Fuente: (EUROTUBO, 2016)

Fabricadas con una mezcla de polietileno de baja densidad, de excepcional resistencia y altísima transparencia. Sirven para la toma de muestras líquidas, sólidas o semi-sólidas. Cierre hermético con el que se consigue cerrar la bolsa herméticamente asegurando la integridad de la muestra (EUROTUBO, 2016,p.12-13).

- Espátula



Figura 7-2: Espátula para toma de muestras de sedimentos.
Fuente: (VERTEX, 2017)

De acero inoxidable. Con mango de madera y hoja larga y flexible, empleada en laboratorios para realizar la toma de los pesos de manera más precisa y en campo para la toma de muestras (VERTEX, 2017,p.6).

- Marcador permanente o rotulador



Figura 8-2: Marcador permanente para el rotulo de muestras.
Fuente: (IRBE, 2017)

Tinta permanente que marca en papel, plástico, metal y la mayoría de las superficies además contiene tinta que seca rápidamente y es notablemente resistente a la decoloración y el agua (IRBE, 2017,p.8).

- Flexómetro



Figura 9-2: Material de muestreo, flexómetro y cinta métrica.
Fuente: (PAVCOwavin, 2018)

El flexómetro es un instrumento que sirve para medir longitudes en superficies rectas o curvas. Se lo describió como una cinta métrica fabricada en metal, auto-enrollable, compactada al interior de una carcasa portátil (PAVCOwavin, 2018,p.6-8).

- Pipeta 5 mL y 10 mL

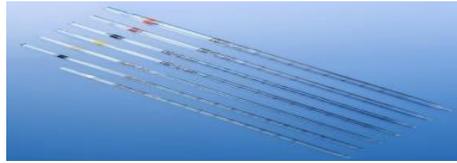


Figura 10-2: Pipeta 5 mL y 10 mL

Fuente: (LABCOM, 2016)

El vidrio se distingue por su muy buena resistencia química frente al agua, soluciones salinas, ácidos, bases y disolventes orgánicos. Solamente es atacado por ácido fluorhídrico y, a elevadas temperaturas, por bases fuertes y ácido fosfórico (LABCOM, 2016,p.4).

- Probeta 200 mL y 1000 mL



Figura 11-2: Probeta 200 mL y 1000 mL para análisis de laboratorio.

Fuente: (AUXILAB, 2016)

La probeta de 200 y 1000 ml son con pico y base hexagonal, con graduación cada 2,0mL según ISO 4788 y con una tolerancia $\pm 2,0\text{mL}$, con diferentes capacidades de milímetros (AUXILAB, 2016,p.12).

- Vaso de precipitación de 1000 mL



Figura 12-2: Vaso de precipitación de 1000 mL.

Fuente: (FISHER, 2015)

Con pico de vertido y zona de marcado extra grande, marcas graduadas dobles lo cual permite medir cualquier tipo de fluido (FISHER, 2015,p.4).

- Desecador



Figura 13-2: Crisoles en un Desecador

Fuente: (QUERCUSLAB, 2015)

Desecador de vidrio para laboratorio. Presenta brida plana y la porción inferior modelada para sostener la placa de muestras sobre el agente desecante, y se suministra junto con la tapa y el disco de porcelana para muestras. (QUERCUSLAB, 2015,p.6-8).

- Crisoles de 30ml



Figura 14-2: Crisoles de 30ml

Fuente: (FISHER, 2016a)

Diseñados con porcelana para ofrecer una excelente resistencia química y térmica. Los crisoles de porcelana son ideales para la fundición de compuestos (FISHER, 2016,p.18).

2.6.2 Equipos

- GPS



Figura 15-2: Modelo de GPS

Fuente: (GEOTOP, 2017)

Diseñado para su uso en senderos, en carreteras o en agua, el dispositivo GPS te guiará a donde quiera que vayas, orientación doble y posicionamiento GPS y controlar tu posición más rápido y con mayor precisión, incluso en los entornos más difíciles (GEOTOP, 2017,p.45).

- Balanza analítica Adventurer® marca OHAUS.



Figura 16-2: Balanza analítica

Fuente: (OHAUS, 2016)

La Adventurer de OHAUS incorpora todas las aplicaciones necesarias para pesaje de rutina y actividades de medición avanzadas. Con una pantalla táctil a color, opciones de cumplimiento GLP/GMP, dos puertos USB y mucho más, la Adventurer es la balanza más completa en su clase (OHAUS, 2016,p.16-18).

- pH-metro de mesa accumet® Basic AB150 de marca Fisher Scientific.



Figura 17-2: pH-metro de mesa

Fuente: (FISHER, 2016b)

Para uso interior, versátil y lo suficientemente resistente para las aplicaciones más exigentes. Las teclas táctiles suaves con agarre cómodo hacen que la operación con una sola mano sea muy sencilla. (FISHER, 2016b,p.6).

- Conductímetro marca Hach sensION5.



Figura 18-2: Conductímetro

Fuente: (COLEPARMER, 2018)

Medidor resistente a los químicos, al polvo y al agua para sus aplicaciones más exigentes, respuesta ultrarrápida con el que se obtiene su resultado en segundos, carcasa con clasificación IP67 el mismo que es resistente al agua, flota, con gran pantalla LCD retro iluminada con revestimiento antideslumbrante (COLEPARMER, 2018,p.25).

- Estufa de convección forzada marca ESCO.



Figura 19-2: Estufa de convección forzada.
Fuente: (ESCO, 2017)

Son hornos de laboratorio de clase mundial de Esco con tecnologías e interfaces ergonómicas e intuitivas, controles PID de microprocesador con opciones de programación, chaqueta de aire calefactada de 4 zonas, múltiples sistemas redundantes de protección contra sobret temperatura para garantizar la máxima protección de la muestra y del usuario (ESCO, 2017,p.32).

- Horno mufla marca Thermo Scientific™.



Figura 20-2: Horno mufla
Fuente: (SAC, 2016)

Presenta un calentamiento rápido y un consumo de energía reducido. Es ideal para incinerar la mayoría de los tipos de muestras orgánicas e inorgánicas, realizar pruebas de ignición, aislamiento de fibra cerámica permite un calentamiento más rápido, lo que reduce el consumo de energía (SAC, 2016,p.14).

2.7 Codificación de las muestras

Tabla 6-2: Codificación de las muestras de suelo.

ISLA	EDAFOPAISAJE	MANGLE	PUNTO	CÓDIGO	PROFUNDIDAD
SANTA CRUZ	LAS NINFAS	<i>Rhizophora racemosa</i>	P1	LGNP1	0-20
			P2	LGNP2	0-20
			P3	LGNP3	0-20
		<i>Laguncularia racemosa</i>	P8	LGNP8	0-20
			P4	LGNP4	0-20
			P5	LGNP5	0-20
			P6	LGNP6	0-20
			P7	LGNP7	0-20
			P9	LGNP9	0-20
	TORTUGA BAY	<i>Avicennia germinans</i>	P1	TBP1	0-20 20-40
			P2	TBP2	0-20 20-40
			P3	TBP3	0-20 20-40
			P4	TBP4	0-20 20-40
		<i>Rhizophora racemosa</i>	P5	TBP5	0-20 20-40
			P6	TBP6	0-20 20-40
ISABELA	LAS DIABLAS	<i>Laguncularia racemosa</i>	P1	LDP1	0-20 20-40
			P6	LDP6	0-20 20-40
			P2	LDP2	0-20 20-40
			P3	LDP3	0-20 20-40
		<i>Rhizophora racemosa</i>	P8	LDP8	0-20 20-40
			P9	LDP9	0-20 20-40
			P4	LDP4	0-20 20-40
	BALTAZAR	<i>Conocarpus erecta</i>	P5	LDP5	0-20 20-40
			P7	LDP7	0-20 20-40
			P1	BP1	0-20 20-40
		<i>Laguncularia racemosa</i>	P2	BP2	0-20 20-40

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

2.7.1 Diagrama de muestreo y preparación de las muestras para análisis de suelo.

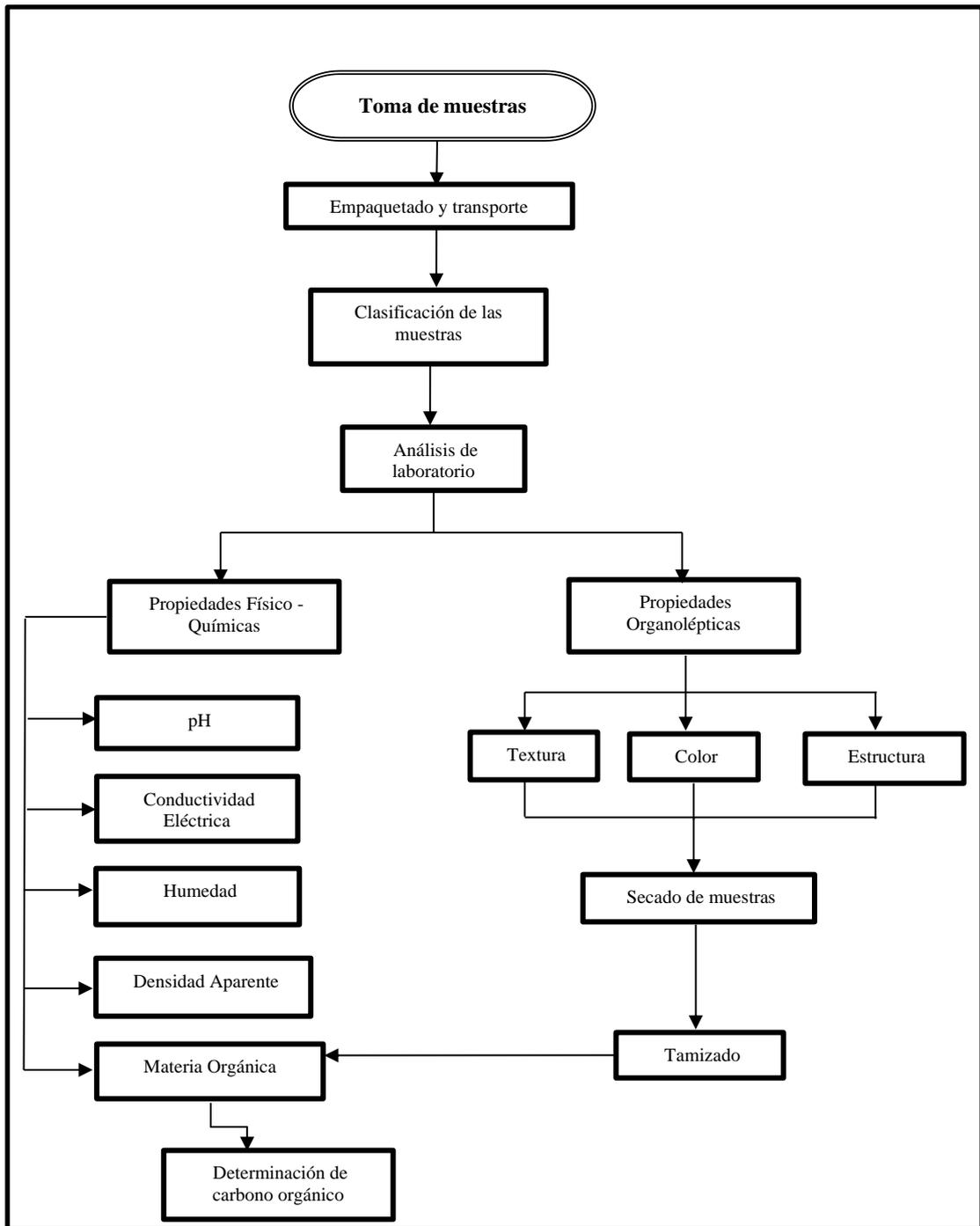


Figura 21-2: Procedimiento para el procesamiento de muestras

Fuente: (Rosero, 2019)

2.8 Análisis de laboratorio

En la etapa de laboratorio, se procedió a colocar en un orden apropiado las muestras según su código de muestreo y de acuerdo a las profundidades tomadas en campo, como se lo puede observar en la figura 1-1.



Figura 22-2: Ordenamiento de las muestras

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

2.8.1 pH y Conductividad

Los primeros análisis a realizarse fueron los de pH y conductividad ya que necesitan depender del tiempo para ser medidos desde el momento en el que se toma la muestra u de otra forma se tiende a tomar este análisis en campo. El procedimiento a seguir fue:

- Mediante una balanza analítica de laboratorio se procedió a pesar 20 g de suelo de la muestra obtenida en campo y en un vaso (plástico) se colocó 45ml de agua destilada.
- Procedimos a agitar esta mezcla durante 10 minutos y se mantuvieron en reposo durante 3 minutos.
- Posterior a este proceso se llevaron las muestras hacia un pH-metro de mesón accuMET® XL 150 pH / mV con marca Fisher Scientific, mediante el uso de este equipo se midió el pH de todas las muestras tomadas en campo las mismas que fueron anotadas en una tabla de datos.



Figura 23-2: Medición de pH de las muestras

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

La concentración total de sales de una solución es medida por la conductividad eléctrica (CE), sin indicar que sales están presentes, en la que el material tiene la capacidad de conducir la corriente eléctrica siendo su valor más alto cuando la corriente eléctrica tienda a moverse a través del mismo. Siendo así que habrá mayor concentración de sales si existe una mayor concentración eléctrica (CE). La concentración eléctrica es expresada en dS/m el mismo que también es denotado como mmho/cm (TERRAZAS RUEDA, 2019,p.24-28).

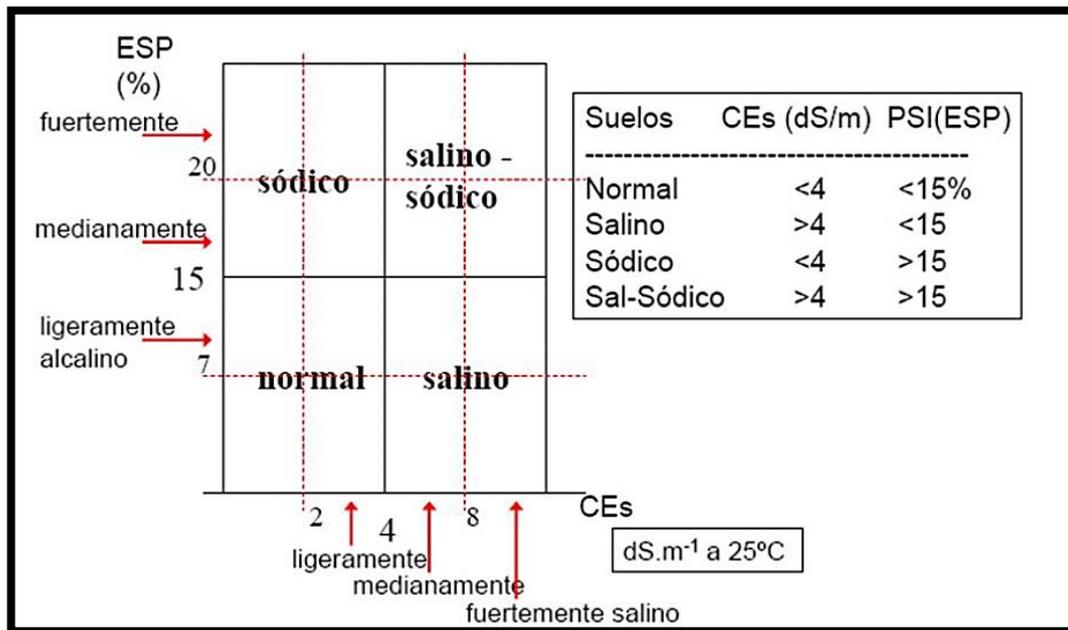


Figura 24-2: Clasificación de suelos y/o sedimentos

Fuente: (INIA citado en Gallart Martínez, 2018)

El procedimiento de conductividad eléctrica fue tomado de la Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. Instituto de Calidad de Suelos, Departamento de Agricultura de Los Estados Unidos:

- Para tomar las medidas de la conductividad eléctrica se emplearon las muestras previas preparadas para pH, las mismas que se las tuvo en reposo durante un periodo de 24 horas antes de ser analizadas.
- A continuación, se midió la conductividad eléctrica con el equipo de mesón de marca Hach sensION5 el mismo que se encuentra en el laboratorio de Química Instrumental de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, posterior a esto se procedió anotar los valores en una tabla de datos con sus respectivas unidades en $\mu\text{S/cm}$.



Figura 25-2: Medición de conductividad eléctrica en las muestras.

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

2.8.2 Humedad y Densidad aparente

La humedad de la muestra representa el contenido de agua y aire presentes en el suelo, donde la humedad de la muestra es la relación expresada en porcentaje entre el peso del agua existente dentro de una masa de suelo (Toledo & Viciedo, 2017, p. 22-30).

- En una balanza analítica Adventurer® marca OHAUS, se midió el peso de la muestra húmeda y se la identificó en el conjunto de datos como Peso suelo húmedo (P1).



Figura 26-2: Medición de Humedad en las muestras.

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

- En una estufa de convección forzada marca ESCO se secaron las muestras de suelo durante 24 horas a 105 °C, y se registró el peso seco como (P2).
- Se realizó el cálculo del porcentaje de humedad usando la siguiente ecuación:

$$\%H = \frac{P1 - P2}{P1} * 100$$

La densidad aparente (Da) describe la compactación del suelo representando la relación entre sólidos y espacio poroso (Toledo & Viciedo, 2017, p. 38-40).

La determinación de la Da se realizó por medio del método de cilindro de volumen conocido:

- Se empleó un muestreador de cilindro metálico cuyas dimensiones eran las siguientes 5cm de altura y 5cm de diámetro, siendo 100cm³ el volumen removible.
- Al extraer el muestreador del suelo se procede a retirar del cilindro el exceso de suelo con la ayuda de un cuchillo de tal manera que quede al ras de sus extremos.



Figura 27-2: Determinación de densidad aparente

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

- Los cilindros fueron llevados al laboratorio para su secado en la estufa a una temperatura de 105°C por 24 horas y posterior a esto determinar su masa.
- En estado seco se procedió a determinar el peso de la muestra cuyo nombre es determinado como peso seco con la siguiente simbología (Ps)

- Se calculó la densidad aparente (D_a) (Llamuca, 2015,p.46)

$$D_a \left(\frac{g}{cm^3} \right) = \frac{\text{Peso seco}}{\text{Volumen del cilindro}}$$

2.8.3 Color

Este atributo permite inferir la naturaleza constitutiva del suelo o las condiciones químicas donde los constituyentes estuvieron sometidos, pues se correlaciona con la mayoría de características mineralógicas, físicas y químicas del suelo (Toledo & Viciado, 2017, p. 27-30).

- Mediante un proceso de reconocimiento visual se realizó el análisis de color, en el cual se comparó las tonalidades de las muestras mediante el uso de la tabla de Munsell Soil Color Book (Libro de Color de Suelos).
- Se empleó la tabla de Munsell Soil Color Book en el cual se observó de acuerdo a la tonalidad observada y los datos fueron registrados mediante una tabla de identificación de color y su código encontrado en la tabla registrando los datos en el siguiente orden: Matriz (tinte), Fila, y Columna (1, 2 o 3) (Rosero, 2019,p.36-28).



Figura 28-2: Determinación de color

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

2.8.4 Textura del suelo

Tomando en cuenta que la textura, es el porcentaje de arena, arcilla y limo que contiene el suelo, es una propiedad que determina la cantidad de agua que un suelo puede retener (cuando se encuentra completamente húmedo); de igual forma, cuantifica la relación entre el agua y los solutos disueltos cuando están potencialmente disponibles para ser tomados por las plantas (Toledo & Viciado, 2017, p. 45-60).

- Se tomó una muestra de suelo seco con un aproximado no mayor a los 50g, posterior a esto se comenzó a humedecer hasta obtener una consistencia de masilla de tal manera que se pueda ser manipulable.
- Luego la muestra obtenida se lo puso en el dedo pulgar y entre el dedo índice y de manera suave se fue presionando y deslizando hacia arriba en forma de una cinta, conocido como el método de textura por tacto.
- Por último, se evaluó los contenidos de arena, así como también de limo y arcilla para cada clase textural de las muestras de suelo.

2.8.5 *Secado y tamizado*

- Las muestras se colocaron en bandejas de aluminio y se las dejó secar a temperatura ambiente, evitando la radiación solar directa, el secado fue durante un periodo de 15 días dada la humedad del sedimento de manglar.
- Después de este proceso de secado se realiza el proceso de tamizado con un tamiz de 2mm para medir pH y conductividad, con el tamiz de 250 μm para el análisis de materia orgánica, y con el tamiz de 180 μm para las muestras para el Flash 2000, para análisis de carbono orgánico y carbono inorgánico.

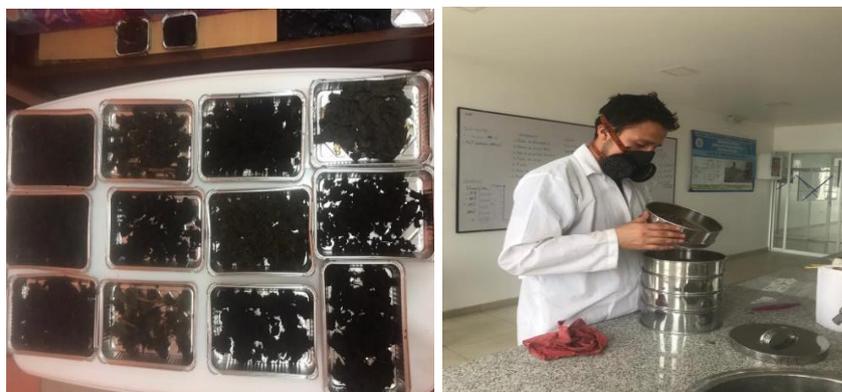


Figura 29-2: Secado y tamizado de las muestras

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

2.8.6 Materia orgánica

La materia orgánica es uno de los factores más importantes del suelo, puesto que regula sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Adicionalmente, tiene numerosas funciones y efectos benéficos en el suelo: contribuye a la productividad del suelo, actúa como depósito de nutrientes, aumenta la capacidad de intercambio de cationes, reduce los efectos de la compactación, contribuye a mejorar la estructura del suelo y aumenta la tasa de infiltración de agua; así mismo, protege el suelo contra los cambios bruscos de pH y es fuente de energía y nutrientes para los microorganismos del suelo. La materia orgánica está compuesta por una amplia variedad de sustancias y su naturaleza específica está determinada por las plantas y los residuos animales que se descomponen en un sitio de forma continua (Toledo & Viciado, 2017, p. 46-50).

Tabla 7-2: Porcentaje de Materia Orgánica en el suelo y/o sedimento.

% Materia Orgánica	Denominación
0 – 1	Muy bajo
1,1 - 2,9	Bajo
3 – 5,9	Medio
> 6	Alto

Fuente:(Llamuca, 2015)

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

Para la determinación de la materia orgánica se usó el método de calcinación o pérdida por ignición (loss on ignition, LOI), que cuantifica el contenido de MO luego de ser sometida la muestra a temperaturas elevadas durante un determinado tiempo (Dabadie et al., 2018,p.157-162).

- Antes de cada análisis, se secó los crisoles de 30 ml en una estufa a 105°C por 30 minutos y luego se procedió a pesar los crisoles ya tarados, anotándolos en la tabla de datos como P1.
- Con los crisoles ya tarados se colocó 5g de la muestra de suelo seco (tamizada en el tamiz de 250 µm), anotándolos en la tabla de datos como P2.



Figura 30-2: Crisoles con las muestras pesados en la balanza analítica.

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

- Después de este paso se colocó todos los crisoles en una canasta de aluminio y se los ingreso a la estufa por un periodo de tiempo de 24 horas a 105°C, y luego se procedió a pesar, anotándolos en la tabla de datos como P3.
- Se calcino los crisoles con la muestra en una mufla marca Thermo Scientific™ a 360°C por un periodo de tiempo de 2 horas y luego se las colocó en el desecador para que las muestras se enfríen, y finalmente se procedido a pesar anotándolos en la tabla de datos como P4.



Figura 31-2: Calcinación de los crisoles con las muestras.
Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

- El porcentaje de materia orgánica se obtuvo aplicando la siguiente ecuación:

$$\%MO = \frac{(Peso\ 3 - Peso\ 4)}{(Peso\ 3 - Peso\ 1)} * 100$$

2.8.7 Carbono Orgánico

El contenido de carbono orgánico es un indicativo del porcentaje de su materia orgánica. La importancia de la determinación del carbono orgánico radica en que este brinda un indicativo del contenido de materia orgánica del suelo, la cual es un índice importante de la calidad del suelo (Toledo & Viciado, 2017, p. 46-50).

Para medir el contenido de carbono orgánico en suelo de manglar, se basó en el manual *Coastal Blue Carbon: Methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangrove, tidal salt marshes and seagrass Meadows*, utilizando dos métodos: 1) Un analizador automático de elementos, también conocido como analizador CHN, en este caso se usó un auto-analizador del laboratorio marca “Thermo Scientific™ FLASH 2000 CHNS/O Analyzers” y 2) la combustión

y las relaciones empíricas entre el carbono orgánico y la materia orgánica (conocida como perdida por ignición (Loss on Ignition, LOI) (Howard et al., 2019, p. 55-60).

➤ **Estimación del porcentaje de Carbono Orgánico con un Analizador de Elementos**

Los analizadores de elementos determinan el contenido de carbono total de la muestra, incluido el carbono orgánico e inorgánico. Para corregir esto, se debió determinar el contenido de carbono inorgánico (Howard et al., 2019, p. 59-62).

➤ **Corrección para tomar en cuenta el contenido de carbono inorgánico**

- El carbono inorgánico en la forma de carbonatos (CaCO_3) se encuentran en los suelos y sedimentos costeros pero el carbono que contiene se convierte en CO_2 en un analizador de elementos sesgando así los resultados. Es posible que en el sedimento también haya arenas, limos y arcillas neutras en términos de carbono en diferentes proporciones pero que no afectan al análisis de carbono orgánico (Howard et al., 2019, p. 58-60).

- Se identificó si las muestras de suelo tenían carbonatos, añadiendo HCl (10%) a las mismas.

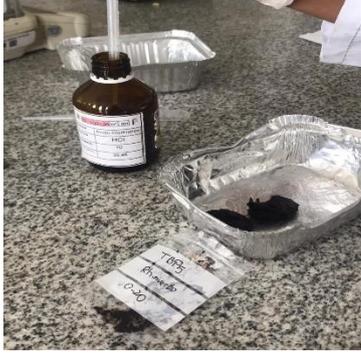


Figura 32-2: Identificación de carbonatos

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

- La presencia de efervescencia en las muestras da un indicativo de que hay carbonatos.

Tabla 8-2: Prueba de efervescencia para carbonatos en las muestras de sedimento.

Ácido Clorhídrico al 10%	Con presencia de carbonatos (Efervescencia)	Sin presencia de carbonatos (Sin Efervescencia)
		

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

- En las muestras que hubo presencia de carbonatos, se tomó una submuestra aparte (correspondiente a las muestras utilizadas para el análisis de carbono orgánico, ~ 0.5 g) de suelo seco sin tratar, se pesó en una balanza analítica (en miligramos hasta el número entero más próximo) y se la colocó en un crisol.



Figura 33-2: Preparación de submuestras para ser colocadas en un crisol.

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

- Los crisoles (con la submuestra) fueron puestos en una mufla a 450 °C por 4 horas. A esta temperatura, el carbono orgánico se elimina y en la ceniza queda el carbono inorgánico (Howard et al., 2019, p. 58-62). El carbono inorgánico que queda en la submuestra de cenizas se lo

determinó en el auto analizador del laboratorio marca “Thermo Scientific™ FLASH 2000 CHNS/O Analyzers”. El contenido de carbono inorgánico se extrae del carbono total y lo que resta es la estimación del contenido de carbono orgánico.



Figura 34-2: Calcinación de las muestras a 450°C por 4 horas
Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

- Se calculo el % de carbono orgánico

$$\%CO = \%CT - \%CI$$

- En las muestras que no hubo presencia de carbonatos el $\%CT = \%CO$ (Howard et al., 2019, p. 58-62).

➤ **Medición del Porcentaje de Carbono Orgánico mediante LOI**

- Con el factor de Van Bemmelen (1,724) y el valor calculado para la materia orgánica, se determinó el porcentaje de carbono orgánico, indicando así que el 58% de la MO tiene en su composición carbono (Eyherabide et al., 2014,p.22-26).

- La siguiente ecuación fue empleada para el cálculo del %CO:

$$\%CO = \frac{\%MO}{1,724}$$

A través de una estimación en el área de estudio calculando el Carbono Orgánico del Suelo (COS, en miligramos por hectárea), se pudo conocer el contenido de carbono orgánico en el área de muestreo dependiendo el uso de cada suelo, empleando así la ecuación que a continuación se muestra (Rosero, 2019,p.46-48).

$$COS = \frac{\%CO}{100} * Da * Prof * 1000$$

CAPÍTULO III

3 MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS

3.1 Análisis de laboratorio

3.1.1 Conductividad y pH

➤ Potencial de Hidrógeno (pH)

Tabla 9-3: Resultados de pH de Edafopaisajes estudiados

Resultados de pH de Edafopaisajes estudiados			
NINFAS	TORTUGA BAY	LAS DIABLAS	BALTAZAR
6.678 ± 0.127	6.48 ± 0.094	6.18 ± 0.16	7.05 ± 0.12

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

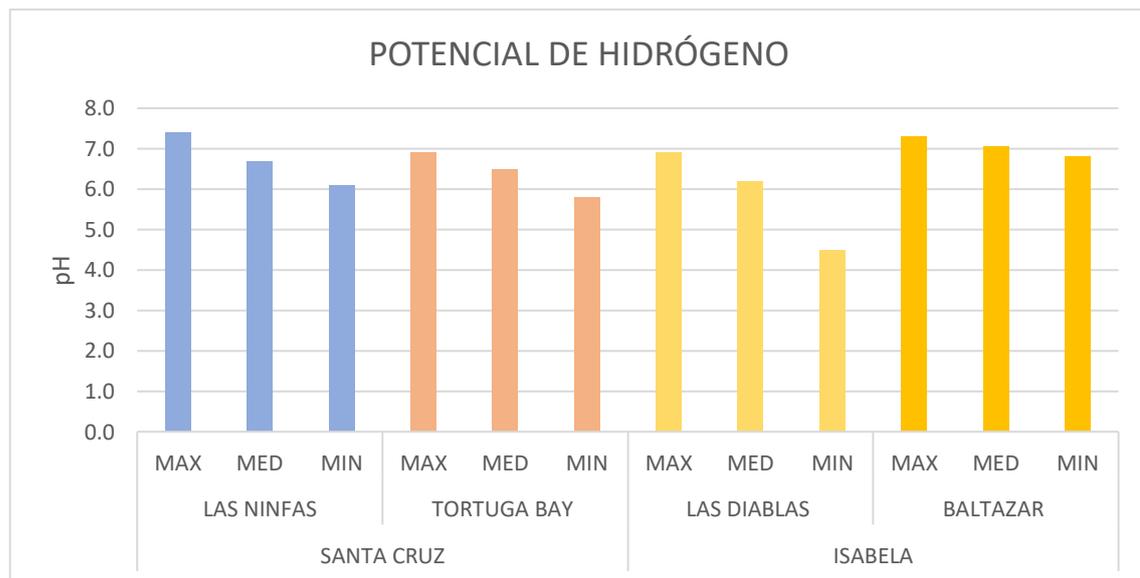


Gráfico 5-3: Resultados de pH

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

El pH varía en función del tipo de edafopaisaje teniendo los valores más altos en las Ninfas-Sta Cruz con un pH máximo de 7.4 el mismo que es cercano a neutro, seguido de este tenemos al

edafopaisaje de Baltazar en la isla Isabela con un pH máximo de 7.3 de igual forma cercano a neutro, encontrándose estos dos edafopaisajes en suelos no preservados. Si se compara los cuatro edafopaisajes los valores más bajos de 5.8 potencial de hidrogeno se encuentra en Tortuga Bay presente en la isla Santa Cruz con un pH tendiente a ser ácido y en el edafopaisaje de las Diablas con un pH de 4.5 siendo este ácido, encontrándose estos dos edafopaisajes en suelos preservados.

En promedio, todos los suelos de los edafopaisajes de las islas Santa Cruz e Isabela se encuentran un pH de 6.6 siendo este considerado como un suelo con tendencia a ser neutro. Para los suelos ácidos, esto pudo haber sido por la lentitud que se da en los procesos de oxidación, así como al clima trópico-húmedo de la región Insular o por la presencia de sulfuros que se da durante el cambio y/o variación de la materia orgánica (Castillo & Álvarez-León, 2011,p.12-10).

➤ **Conductividad Eléctrica**

Tabla 10-3: Resultados de conductividad eléctrica de Edafopaisajes estudiados.

Promedios de Conductividad Eléctrica			
NINFAS	TORTUGA BAY	LAS DIABLAS	BALTAZAR
10.083 ± 0.357	23.35± 1.380	10.05± 1.57	2.592±0.92

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

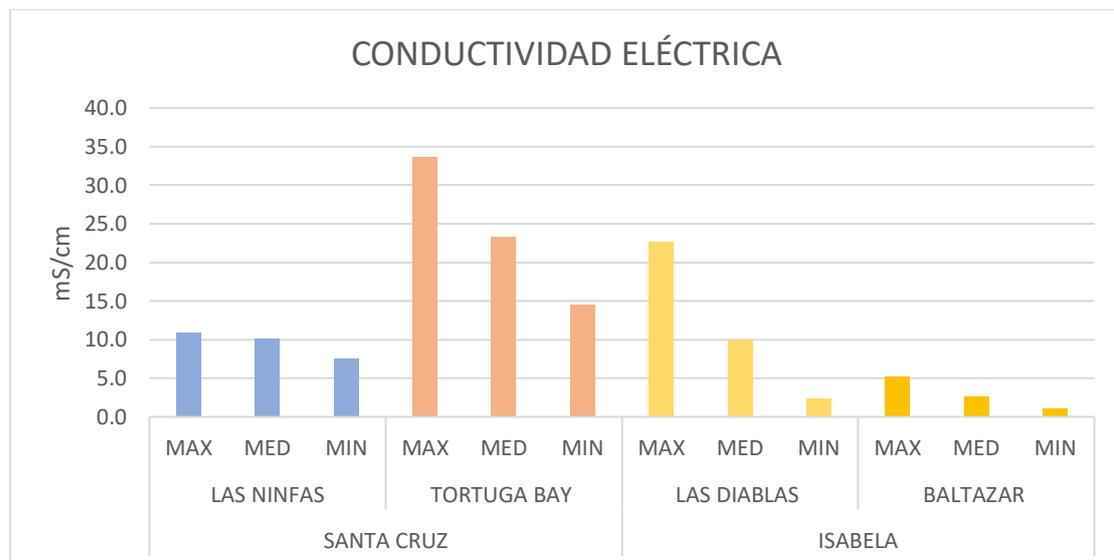


Gráfico 6-3: Resultados de CE

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

La conductividad eléctrica (CE) mostrada en los lugares de estudio, fue inferior para los edafopaisajes de la isla Isabela respecto a los de la isla Santa Cruz. La CE más elevada se presentó

en Las Ninfas-Sta. Cruz con una CE máxima de 11 mS/cm y en Tortuga Bay-Sta. Cruz con una CE máxima de 33.7 mS/cm la elevada conductividad eléctrica de estos lugares, unida en algunos casos a valores de pH cercanos a neutros, caracterizan a los suelos de manglar que están cercanos al mar (Méndez Moreno, 2016,p.150), mientras que los valores más bajos fueron obtenidos en las Diablas-Isabela con una CE mínima de 2.4 mS/cm y en Baltazar-Isabela con un CE mínima de 1.2 mS/cm por lo que se presume que ambos edafopaisaje guardan conexión con la zona marítima (Chávez et al., 2003,p.26-28).

En sedimentos del mangle que rodea en los edafopaisajes conservados se presentó un promedio de 23.4 mS/cm frente a 10.0 mS/cm, lo que indica un suelo fuertemente salino en los ecosistemas de Tortuga Bay-Sta. Cruz y en Las Diablas-Isabela . Aun así, también se puede apreciar valores asimétricos que van desde un rango de 10.1 mS/cm a 2.1 mS/cm en los edafopaisajes no preservados de Las Ninfas-Sta. Cruz y Baltazar-Isabela.

3.1.2 Propiedades organolépticas

➤ Color

Tabla 11-3: Resultados de color de Edafopaisajes estudiados.

Edafo paisaje	Color	Valor
Las Ninfas	10YR 5/1	4
	10YR 3/2	3
	5YR 3/1	1
	7.5YR 3/2	1
Tortuga Bay	10YR 5/3	4
	7.5YR 3/1	3
	7.5YR 2.5/2	1
Las Diablas	10YR 4/2	1
	7.5YR 3/1	4
	7.5YR 2.5/3	3
	2.5Y 4/3	2
Baltazar	2.5Y 6/2	1
	10YR 3/2	2
	2.5YR 6/2	1

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

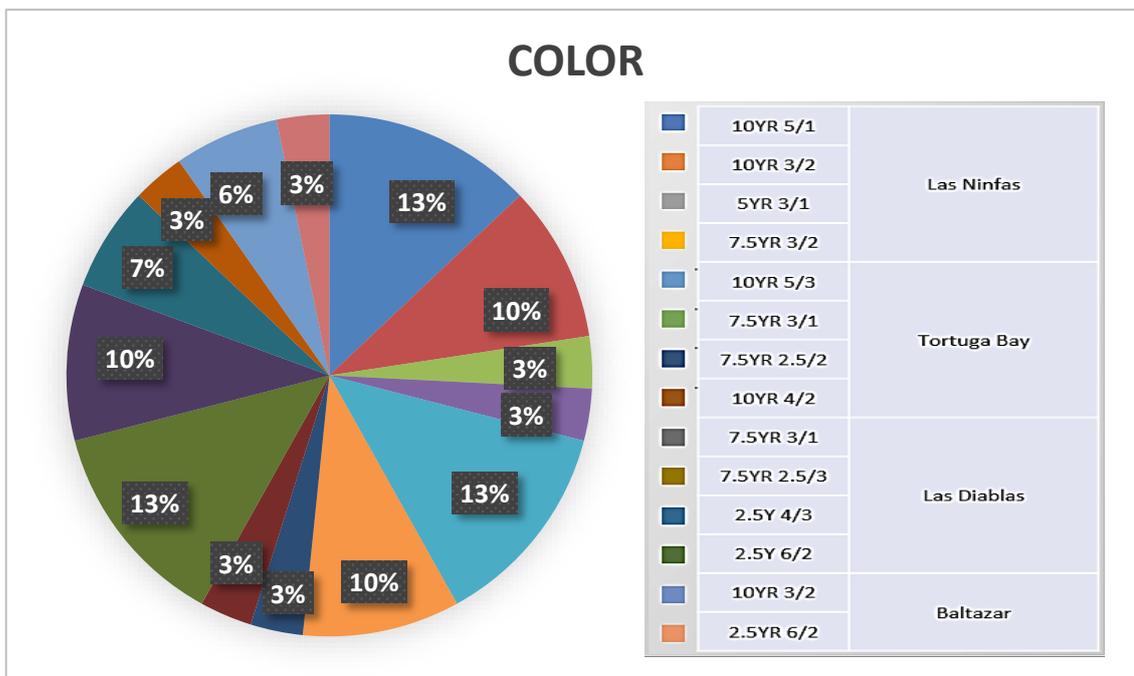


Gráfico 7-3: Resultados de color
Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

Los elementos primordiales en el color del suelo son la materia orgánica que al estar en altos contenidos se la asocia en gran parte con un color oscuro, es decir un matiz entre marrón oscuro y el color negro de los suelos; y las formas del hierro predominante en el mismo, en el que el hierro de acuerdo a su estado de oxidación presenta una coloración verdosa siendo este considerado como reducción del Fe^{2+} , por otro lado cuando presenta tonalidades rojizas es porque esta en su estado oxidado se está presentándose como el Fe^{3+} . Se debe entender también que hay tonalidades de suelos con colores claros llegando a una tonalidad como el blanco en la tabla de las escalas de colores de la tabla de Munsell, lo cual es un indicativo de productos traza de carbonatos o arcillas de la clase de caolín (Méndez Moreno, 2016,p.124-130).

En los suelos de los ecosistemas en estudio de la isla Santa Cruz se muestra que en el edafopaisaje de Las Ninfas y Tortuga Bay predomina los colores marrón (10YR 5/1 y 10YR 5/3), marrón oscuro (10YR 3/2), presente en la mayoría de los puntos de muestreo, siendo los más predominantes de esa isla, el cual puede ser por la transformación y/o descomposición de la materia orgánica, en la estación de lluvias (garua) la coloración cambió a gris oscuro (5 YR 3/2 Las Ninfas y 7.5YR 3/1 Tortuga Bay), color que indica para algunos autores una saturación parcial de agua y disminución de oxígeno entre los espacios porosos del suelo (Rossalino Jiménez, 2015,p.80-82).

Para el caso de los suelos en estudio de la isla Isabela, la naturaleza redoximórficas efecto de las oscilaciones del mar en la que los suelos de manglar se encuentran expuestos día a día , muestran los cambios en el estado de oxidación del Fe, lo cual produce cambios y variaciones de color en sus diferentes tonalidades, por lo que se han descrito varios colores, marrón oliva (2.5Y 4/3) lo cual insinúa la reducción del hierro, gris parduzco claro (2.5Y 6/2) señalando condiciones fuertemente reducidas, de la misma manera la presencia de materia orgánica del suelo, podría explicar el dominio de coloraciones oscuras y/o negras (10YR 3/2), tanto para los edafopaisajes de Las Diablas así como para Baltazar, pero los colores que han predominado en ambas parte son el marrón rojizo oscuro (7.5YR 3/1) lo cual muestra la oxidación de Fe, mientras que el marrón muy oscuro (7.5YR 2.5/3) son característicos de suelos con suficiente aireación en su superficie (Méndez Moreno, 2016,p.146-150).

➤ **Textura**

Tabla 12-3: Resultados de textura de Edafopaisajes estudiados

EDAFOPAISAJE	TIPO DE SUELO	VALOR
LAS NINFAS	Arena Fina	1
	Arena Media	8
TORTUGA BAY	Franco limoso	4
	Arena gruesa	2
	Arcilla limosa	1
	Arena media	3
	Arena muy fina	2
LAS DIABLAS	Arena gruesa	3
	Arena franco	6
	Arena fina	8
	Arena muy fina	1
BALTAZAR	Arena franco	2
	Arena fina	1
	Arena muy fina	1

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

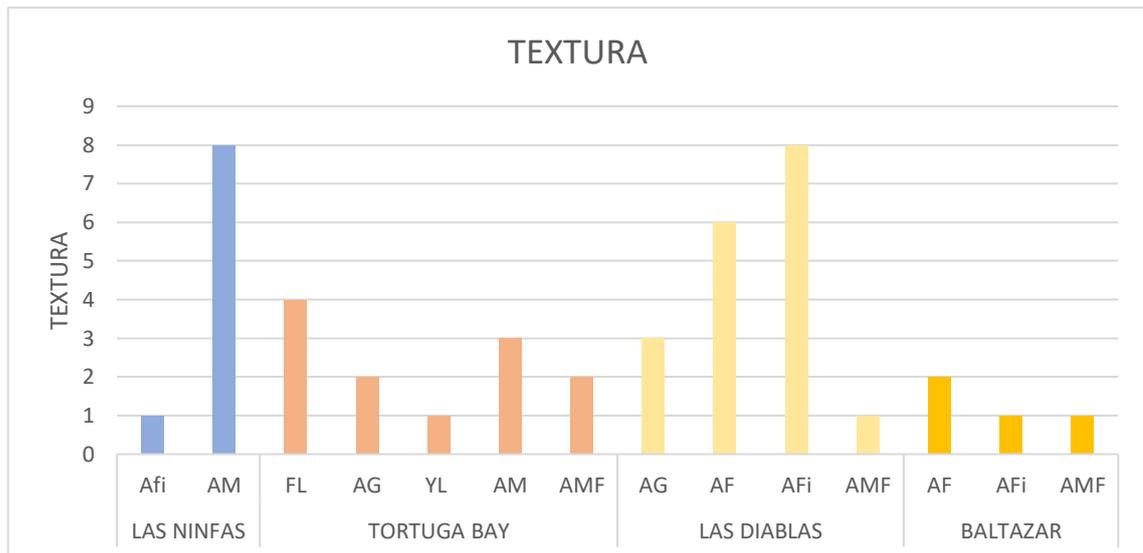


Gráfico 8-3: Resultados de textura
Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

Los resultados obtenidos en la gráfica permiten apreciar el valor promedio más representativo de la clase textural del suelo en los sitios de estudio, por lo que permite observar una variabilidad textural en los ecosistemas, especialmente entre las clases: Arena Fina, Arena Media, Arena Gruesa, Arena Muy Fina, Arena Franco, Franco Limosa y Arcilla Limoso.

En los sedimentos del mangle de la isla Santa Cruz, para el caso del edafopaisaje de Tortuga Bay se ha reportado que predomina un fondo Franco Limoso y en el de las Las Ninfas favorece la disposición de texturas en su mayoría gruesas (Arenoso Fino - Medio), teniendo el mismo caso para el edafopaisaje de Las Diablas y Baltazar de la isla Isabela en la que prima una textura gruesa (Arena Franco, Fina, Gruesa), esto puede ser debido a que los sedimentos del manglar que domina en los edafopaisajes se ubique en una zona con dominio estuarino o por modelos de desarrollo costero, lo cual explica la presencia de capas de arena en las superficies de manglar o en suelos con división de tamaño de partícula (Rossi y Mattos, 2002; citado en Méndez Moreno, 2016).

El tamaño de la partícula distribuida de forma variable en los suelos de manglares de los edafopaisajes de las dos islas, puede ser por las características fisiográficas que determinan cada ecosistema de estudio, los mismos que pueden darse por la influencia de las fases de transgresión/regresión y así como también por la geomorfología de la zona costera baja, así como se lo ha evidenciado en los ecosistemas de manglar de Brasil y Venezuela (Vidal-Torrado et al., citado en 2010; Méndez Moreno, 2016).

3.1.3 Humedad y Densidad aparente

➤ Humedad

Tabla 13-3: Resultados de Humedad de Edafopaisajes estudiados

PROMEDIOS DE HUMEDAD			
NINFAS	TORTUGA BAY	LAS DIABLAS	BALTAZAR
47.28 ± 2.267	44.38 ± 1.210	47.04±0.73	46.701±0.89

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

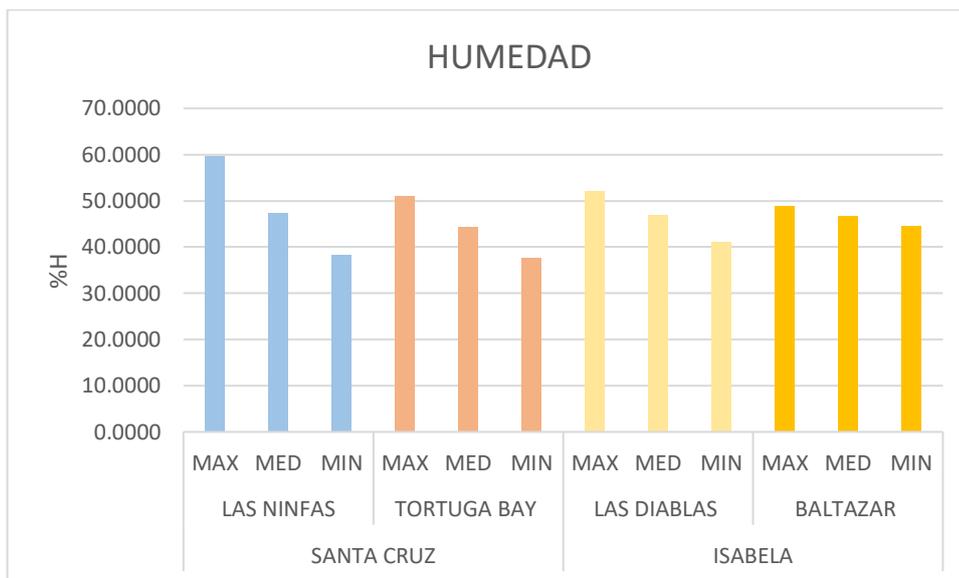


Gráfico 9-3: Resultados de Humedad

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

Para que se beneficie a la generación de lixiviados con sales y así como también de otros compuestos se requiere del exceso de agua, ya que esta actúa como un regulador de las propiedades físicas-químicas y biológicas de los sedimentos (Llamuca, 2015,p.45-46).

El contenido de humedad en los sedimentos de manglar de los edafopaisajes de las dos islas muestran que los porcentajes son semejantes en los dos lugares, pues como se puede ver en la gráfica, se tiene en las Ninfas de la isla Santa Cruz el valor más alto con 47.28% y en Tortuga Bay de la misma isla el valor mínimo con 44.38%, mientras que en los edafopaisajes de la isla Isabela se encuentra el mismo caso de valores porcentuales, teniendo que Baltazar con 46.701% es superado en un ligero porcentaje por el edafopaisaje de Las Diablas con 47.04%.

La retención de agua y acumulación de nutrientes se da gracias al importante trabajo de la materia orgánica ya que esta genera un proceso de gran importancia en el mantenimiento de las propiedades físicas del suelo (Rosero, 2019,p.45-48), comprobando así que cuando se presenta un elevado porcentaje de humedad en los sedimentos del mangle como es el caso del edafopaisaje de Las Ninfas de la isla Santa Cruz está evidenciado en el valor del %MO (Tabla 14-3).

➤ **Densidad Aparente**

Tabla 14-3: Resultados de densidad aparente de Edafopaisajes estudiados

DENSIDAD APARENTE			
NINFAS	TORTUGA BAY	LAS DIABLAS	BALTAZAR
0.3986± 0.015	0.5117 ± 0.029	0.4625± 0.02	0.5832± 0.02

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

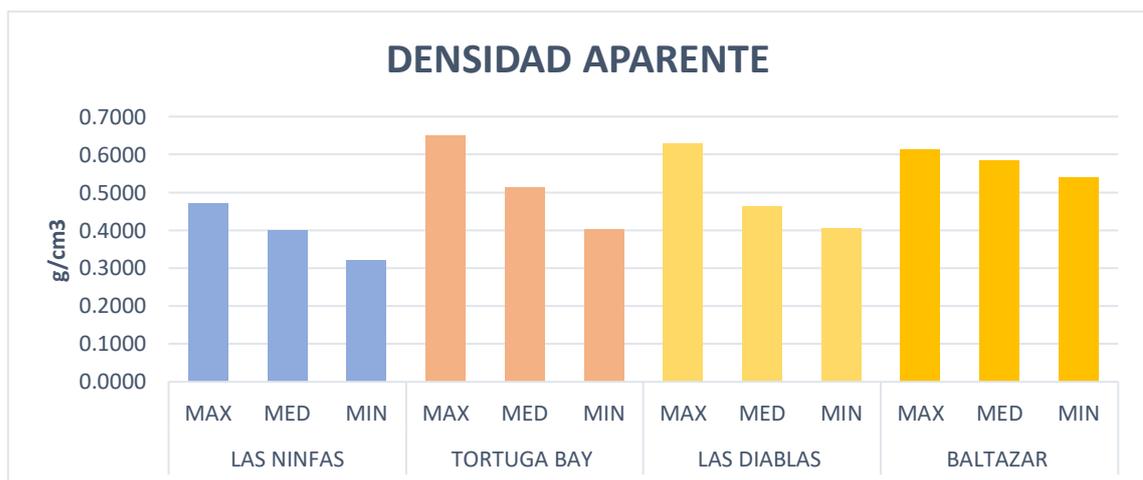


Gráfico 10-3: Resultados de DA

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

Los valores de densidad aparente que se muestran en el mangle del edafopaisaje de Las Ninfas (0.3986± 0.015) de la isla Santa Cruz así como en el de Las Diablas (0.4625± 0.02) de la isla Isabela son bajos lo que permite una mayor circulación de aire y agua en los sedimentos dando lugar a una mejor porosidad en éstos (López, Barreto & Conde, 2011, p.56). Los sedimentos en el mangle del edafopaisaje de Baltazar de la isla Isabela presentaron un valor máximo de 0.6123 g/m³ y

Tortuga Bay de la isla Santa Cruz un máximo de 0.6507 g/cm³ lo que indica que al estar por debajo de 1.00 g/cm³ son considerados como suelos poco compactados, así como también con un mayor espacio para la circulación de aire y agua en los suelos, como ocurrió en los dos casos anteriores (López, Barreto & Conde, 2011, p.60).

En suelos pocos compactados que tienen entre el 35 -50 % de espacio poroso, es en donde se han encontrado valores inferiores de densidad aparente, indicando una buena aireación y absorción del agua por parte de las raíces y por ende un buen crecimiento y desarrollo del mangle (Llamuca, 2015, p.46; Ongay Ramos, 2017, p.56).

3.1.4 Materia Orgánica

Tabla 15-3: Resultados de materia orgánica de Edafopaisajes estudiados

MATERIA ORGÁNICA			
NINFAS	TORTUGA BAY	LAS DIABLAS	BALTAZAR
35.11± 3.983	19.46±3.210	36.9± 5.77	26.7± 8.72

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020



Gráfico 11-3: Resultados de MO

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

Los manglares se han distinguido de otros ecosistemas por ser áreas con una productividad alta, razón por la que los resultados obtenidos dentro de este parámetro (materia orgánica) demuestran que los edafopaisajes en estudio tienen valores altos de %MO, como se puede ver en Tortuga Bay

de la isla Santa Cruz hay una variación de MO con un máximo de 41.6815% y un mínimo de 8.1221%, mientras que en Baltazar de la isla Isabela un máximo de 48.2851% y un mínimo de 8.5147%, en ambos lugares el %MO se encuentran sobre el límite máximo (6%) de la escala de materia orgánica (Oñate Arosteguí, 2008,p.30-32).

El %MO promedial del edafopaisaje de Las Diablas (36.9040%) de la isla Isabela se muestra similar al de Las Ninfas (35.1107%) de la isla Santa Cruz, ya que en dichas zonas favorece el establecimiento de especies como *R. mangle* y *A. germinans*, considerándolas como un área rica en materia orgánica (Rossalino Jiménez, 2015,p.26). Cabe mencionar que los suelos orgánicos (Arcillosos) están formados por más del 30 % de materia orgánica, pero en el caso de los manglares de Las Ninfas y Las Diablas por la textura que presentan (Arena Franco, Fina, Gruesa), algunos autores mencionan que aunque las concentraciones de materia orgánica suelen mayores en suelos de manglar, estos también suelen presentar concentraciones escasas de nutrientes, pero su biomasa arbórea resulta ser competente en la captación y empleo de éstos, mitigando su pérdida mediante altos porcentajes de nitrógeno y fósforo que toman de la vegetación en proceso de descomposición de otros árboles para aprovecharla energéticamente, a esto se suma que la naturaleza de los sedimentos y la hidrología de los manglares permiten obtener como resultado un reciclaje de nutrientes muy efectivo (Wang, Wang y Lin, 2003; Campos Cascaredo y Moreno-Casasola, 2009; citados en Rossalino Jiménez, 2015).

3.1.5 CO2 Equivalente

Emisiones totales posibles de CO2 por hectárea (Mg CO2/ha) = Factor de conversión del CO2 que se puede producir a partir del carbono presente en el sistema * carbono en el sistema

- Factor de conversión = 3.67, la proporción de los pesos moleculares del CO2 (44) y del carbono (12).
- Carbono en el sistema = El promedio de la reserva de carbono en un ecosistema en particular.

Tabla 16-3: Resultados de CO2 -equivalente de Edafopaisajes estudiados

CO2 EQUIVALENTE			
NINFAS	TORTUGA BAY	LAS DIABLAS	BALTAZAR
651± 88.467	555± 110.274	1308± 197.52	835±329.50

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

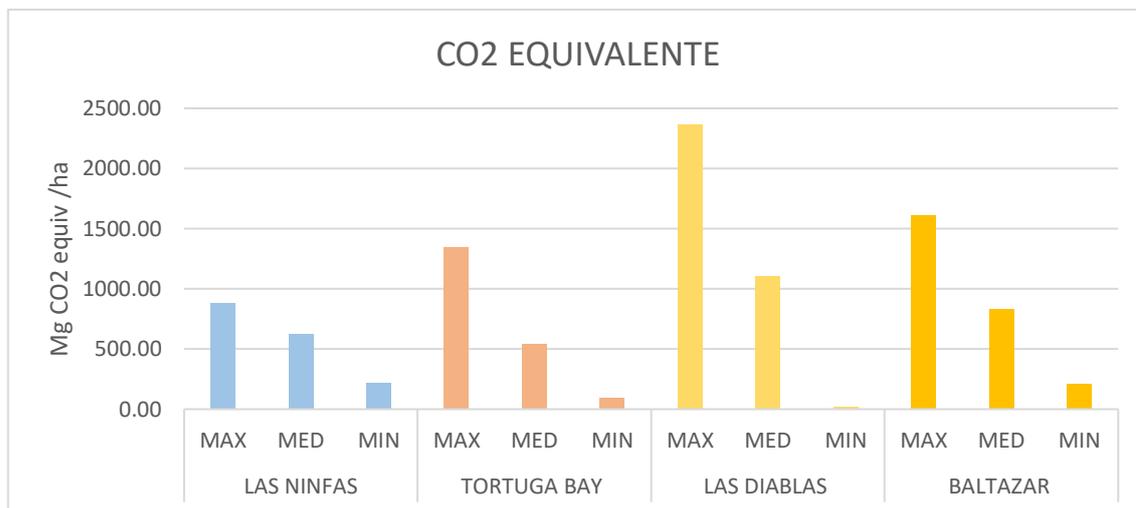


Gráfico 12-3: Resultados de CO2 equivalente

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

Los resultados de las emisiones de CO₂ -eq (equivalentes) que se muestran en la gráfica, permitieron estimar la emisión integrada de CO₂ para cada área de estudio, así como se puede ver en los valores que se hallaron en la isla Isabela que presenta en promedio las emisiones más altas para cada edafopaisaje Las Diablas (1308± 197.52 Mg CO₂ e / ha) y Baltazar (835±329.50 Mg CO₂ e / ha). Las Ninfas y Tortuga Bay de la isla Santa Cruz son los edafopaisajes que presentaron menor emisión con valores (651± 88.467 Mg CO₂ e / ha) y (555± 110.274 Mg CO₂ e / ha) respectivamente, ya que Tortuga Bay y Las Diablas son lugares considerados como conservados mientras que el sector de Las Ninfas y Baltazar se muestra un edafopaisaje considerado como degradado.

Lo anterior indica que, ya sea del estado de conservación en el que el manglar se encuentre, las emisiones pueden ir variando ya sea en un año o más. Mientras que, para los edafopaisajes con valores altos de emisiones de CO₂ -eq puede ser debido a la introducción continua del ciclo natural del proceso de reciclaje de nutrientes del mangle, pero que al recuperarse el mismo de estos sectores se comenzara a atrapar el CO₂, y que en un determinado lapso de tiempo las condiciones del lugar pueda que alcancen un ecosistema preservado y reduciendo de esta manera las emisiones de CO₂ -eq como ha sido el caso de los sedimentos del manglar de la ciénaga grande de Santa Marta de Colombia en la investigación de (Betancourt-Portela, Parra & Villamil, 2013, p.142-146).

3.1.6 Cuantificación del contenido de carbono orgánico en el suelo (sedimento).

a. Por el Método de Lost Ignición

Tabla 17-3: Resultados de COS por LOI de Edafopaisajes estudiados

Promedios de Contenido COS (LOI)			
NINFAS	TORTUGA BAY	LAS DIABLAS	BALTAZAR
244.1± 28.833	166± 19.024	285.4± 45.23	264.4± 80.25

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

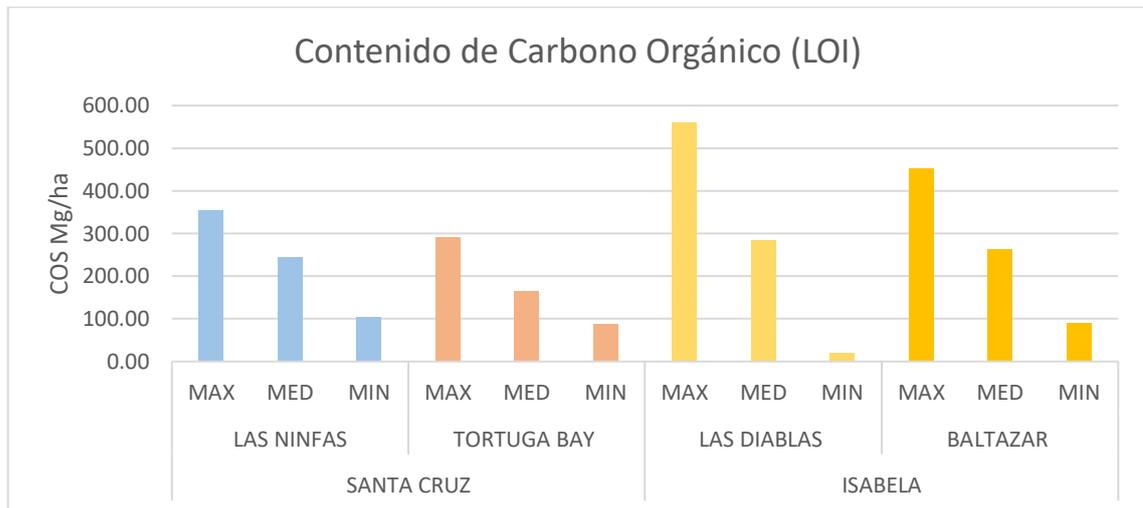


Gráfico 13-3: Resultados de COS por LOI

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

El efecto del COS en el manglar es por la incorporación de algas (macro y/o micro) bénticas, así como por el desarrollo in situ desde la columna de agua en el fitoplancton autóctono que es transportado por movimientos de agua marítimas. Las demandas significativas de COS para los sedimentos de manglar, provienen por parte de residuos de vegetación arbórea (hojas, ramas y las mismas raíces que crecen al nivel superficial) que enriquecen los suelos y/o sedimentos de manglar de COS. La hojarasca representa alrededor de un tercio de la producción primaria (neta) presente en las superficies de suelo de manglar (Méndez Moreno, 2016,p. 136).

El análisis de COS por LOI mostró que la mayor reserva de carbono almacenado está en los edafopaisajes de la isla Isabela, como se puede ver en Las Diablas con un máximo de 560 Mg ha-1 y Baltazar con una reserva de carbono máximo de 453.56 Mg ha-1 pues la cubierta de vegetación arbórea más densa sobre los sedimentos fue observada en estos lugares lo que aumenta la captura de componentes orgánicos que permiten el abastecimiento de nutrientes y por ende

podría mejorar aún más la captura de COS dentro de los edafopaisajes (Chen et al., 2017,p.6-8); teniendo en cuenta las medias entre los dos edafopaisajes de la isla Santa Cruz la mayor reserva de carbono almacenado se encuentra en Las Ninfas con un promedio de 244.07 Mg ha-1 y la menor por consiguiente en Tortuga Bay con una reserva de carbono almacenado de 165.97 Mg ha-1, pues a medida que las ondas marinas se propagan sobre relieves suaves de los manglares de ecosistemas costeros, la energía de las olas y la velocidad de las corrientes disminuyen, mejorando la concentración de la materia orgánica en los sedimentos y por ende la deposición de partículas de COS contribuyendo al desarrollo de estos edafopaisajes, por lo que estas características pueden dar lugar a variaciones espaciales significativas en la concentración y almacenamiento de COS del suelo, como son las que se encontraron en este estudio (Chen et al., 2017,p.4).

b. Por el Método de DUMAS

Tabla 18-3: Resultados de COS por DUMAS de Edafopaisajes estudiados

Promedios del Contenido de COS (DUMAS)			
NINFAS	TORTUGA BAY	LAS DIABLAS	BALTAZAR
177.4± 24.100	151.2±30.051	356.3±53.83	227.4±89.75

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

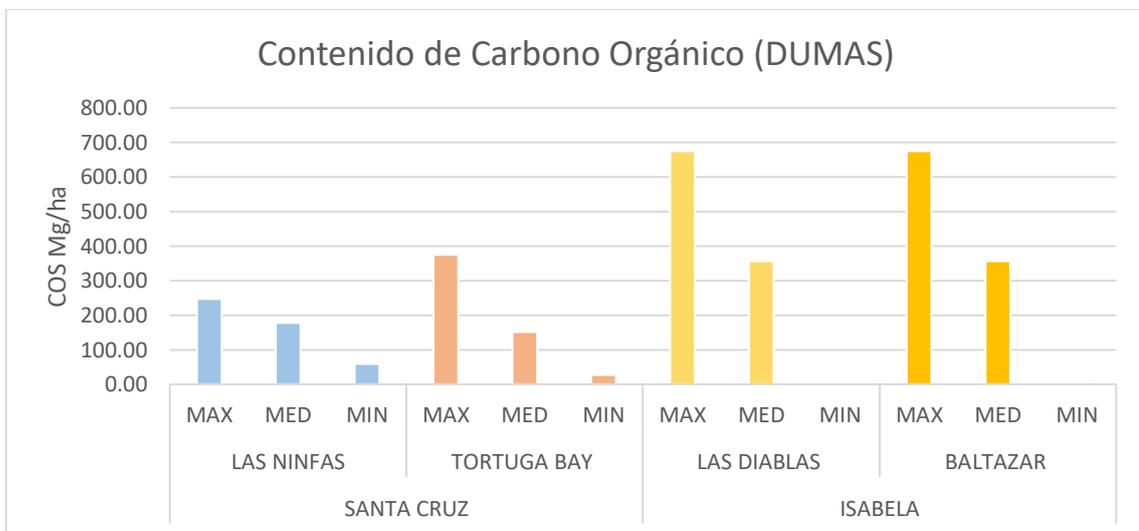


Gráfico 14-3: Resultados de COS por DUMAS

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

Las elevadas tasas de sedimentación así como la producción de vegetación arbórea como biomasa subterránea generan una acumulación de los compuestos orgánicos produciendo grandes cantidades de materia orgánica en los manglares de cada edafopaisaje (Barreto et al., 2016,p.54). En las dos islas de estudio, el COS promedio por el método DUMAS, el mismo que está en Mg/ha para las muestras de sedimentos, presento valores altos en los edafopaisajes de Las Diablas (356 Mg/ha) y Baltazar (227 Mg/ha) de la isla Isabela, presentandose el mismo caso con el método de LOI.

En cuanto a la condición del manglar, los sedimentos ricos en COS resultaron ser los del edafopaisaje preservado de Las Diablas con 356.3 ± 53.83 Mg ha⁻¹ a diferencia de los sedimentos del edafopaisaje no preservado de Baltazar con 227.4 ± 89.75 Mg ha⁻¹ menos ricos en COS, ambos edafopaisajes de la isla Isabela. El contenido promedio de COS para el caso de los edafopaisajes de la Isla Santa Cruz fue significativamente menor a los de la isla Isabela, Tortuga Bay (edafopaisaje preservado) con 151.2 ± 30.051 Mg ha⁻¹ y Las Ninfas (edafopaisaje no preservado) con 177.4 ± 24.100 Mg ha⁻¹. Los edafopaisajes pequeños en extensión espacial, son más eficientes en la acumulación de carbono que las planicies de marea adyacentes (Ouyang & Lee, 2020,p.6), caso que podría haber ocurrido en Las Ninfas que tiene una extensión espacial (1.86ha) mucho menor que Tortuga Bay (10ha), razón por la que tiene sedimentos ricos en COS.

El contenido de carbono inorgánico en estos lugares fue inferior al 18,3% y se detectó en veinte puntos del total de muestras analizadas. Además algunos estudios consideran un componente indispensable al CI a pesar de que éste es menos dinámico que el contenido de CO (ayuda a la mitigación del cambio climático) en las reservas de carbono, las mismas que en algunos casos han sido ignoradas de los ecosistemas / sedimentos en los manglares, caso que no se dio en esta investigación ya que fueron tomadas en cuenta para calcular el almacenamiento de carbono en los sedimentos de manglar (Barreto et al., 2016, p.50; Ouyang & Lee, 2020,p.10).

Las variaciones que se han presentado en las concentraciones de las reservas de carbono en los manglares de los lugares de estudio, probablemente puede ser debido a algunos factores, así como, la marcada heterogeneidad de la geología costera, la dirección de flujos de aguas subterráneas que están probablemente influenciadas por confusos modelos de flujos de lava endurecidos en las orillas de estas islas, las altas concentraciones de salinidad y un limitante curso de agua dulce que tienden a limitar el desarrollo productivo de los manglares en este tipo de ambientes, como es el caso en el archipiélago de Galápagos (Costa, Salinas-de-León & Aburto-Oropeza, 2019^a.p.17-18).

3.1.7 Análisis estadístico

3.1.7.1 Relación entre la densidad aparente y el contenido de carbono orgánico de las muestras de sedimento obtenidas en los edafopaisajes de la isla Santa Cruz y la isla Isabela.

Tabla 19-3: Análisis de varianza de la densidad aparente y el contenido de carbono orgánico de la isla Santa Cruz.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	588.701	1	588.701	17.48	0.0005
Residuo	673.504	20	33.6752		
Total (Corr.)	1262.2	21			

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

Coefficiente de Correlación = -0.68294

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo lineal para describir la relación entre % CO y Densidad Aparente (g/cm³). La ecuación del modelo ajustado es

$$\% \text{ CO} = 36.7127 - 52.6231 * \text{Densidad Aparente (g/cm}^3\text{)}$$

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre % CO y Densidad Aparente (g/cm³) con un nivel de confianza del 95.0%.

Tabla 20-3: Análisis de varianza de la densidad aparente y el contenido de carbono orgánico de la isla Isabela.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	1687.05	1	1687.05	9.19	0.0066
Residuo	3673.1	20	183.655		
Total (Corr.)	5360.15	21			

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

Coefficiente de Correlación = -0.561016

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo lineal para describir la relación entre % CO y Densidad Aparente (g/cm³). La ecuación del modelo ajustado es

$$\% \text{ CO} = 77.9186 - 117.191 * \text{Densidad Aparente (g/cm}^3\text{)}$$

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre % CO y Densidad Aparente (g/cm³) con un nivel de confianza del 95.0%.

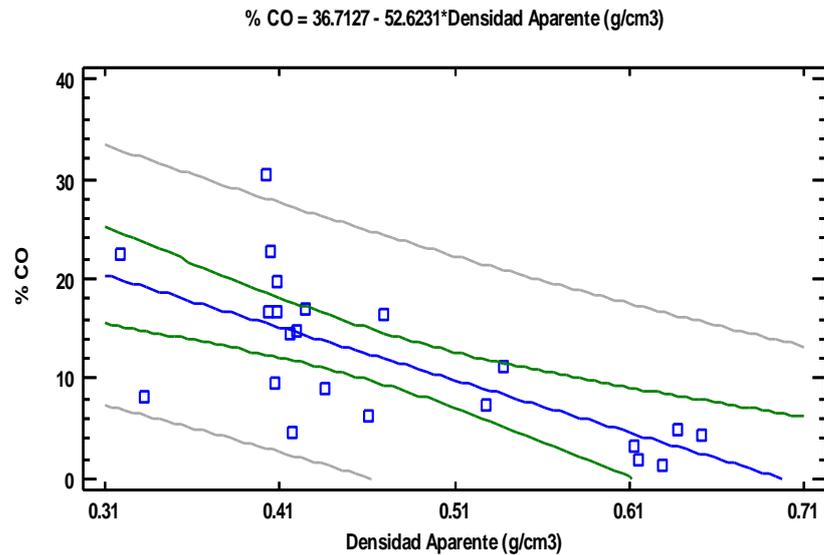


Gráfico 15-3: Relación entre la densidad aparente y el contenido de carbono orgánico Isla Santa Cruz.

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

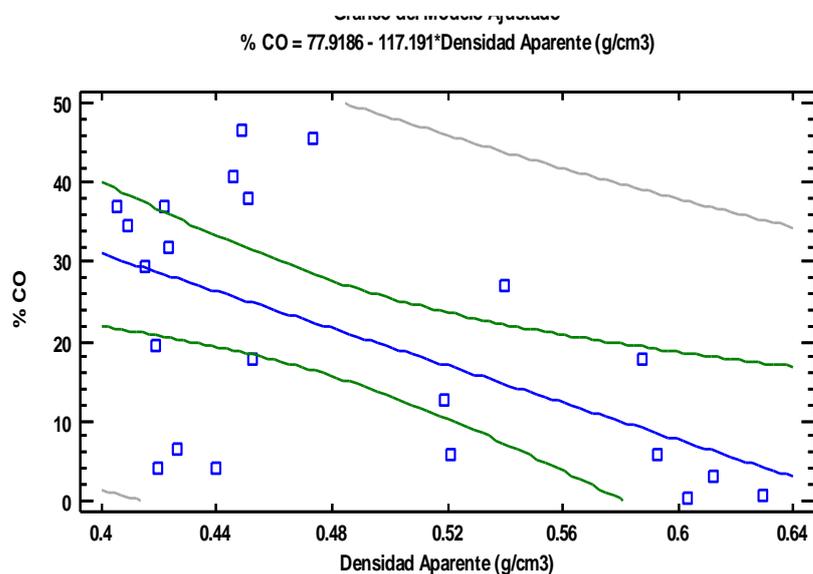


Gráfico 16-3: Relación entre la densidad aparente y el contenido de carbono orgánico isla Isabela.

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

De acuerdo con algunos autores, los suelos orgánicos que presentan densidades aparentes de entre 0.2 – 0.6 g/cm³ suelen ser suelos con mayor porosidad por lo que tienden a ser suelos ricos en materia orgánica razón por la cual retienen una mayor cantidad de agua, lo que significa que a medida que la densidad aparente aumenta, se reduce la porosidad del suelo y por lo tanto el contenido orgánico disminuye (Chen y Twilley, 1999; Cuevas B et al., 2006; citados en Marín Muñoz, Hernández Alarcón y Barceló, 2011), dicho caso se reafirma para esta investigación en la que se observa una

correlación negativa significativa entre el porcentaje de C orgánico y la densidad aparente en los sedimentos de manglar de los edafopaisajes estudiados para cada isla (Gráfico 3-11 y 3-12). La mayor correlación inversa entre el porcentaje de C orgánico y la densidad aparente se observó en los sedimentos de manglar de los edafopaisajes de la isla Santa Cruz (Coeficiente de Correlación = -0.68294, P = 0.0005) (Tabla 3-11), seguida de los edafopaisajes de la isla Isabela (Coeficiente de Correlación = -0.561016, P = 0.0066) (Tabla 3-12).

3.7.1.2 Relación entre los métodos DUMAS vs. LOI

Tabla 21-3: ANOVA. Análisis de Varianza de los métodos DUMAS vs LOI

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	1.19184E6	1	1.19184E6	151.50	0.0000
Residuo	322546.	41	7866.96		
Total (Corr.)	1.51439E6	42			

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

Coeficiente de Correlación = 0.887137

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo lineal para describir la relación entre DUMAS y LOI. La ecuación del modelo ajustado es

$$\text{DUMAS} = -25.7975 + 1.14064 \cdot \text{LOI}$$

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre DUMAS y LOI con un nivel de confianza del 95.0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo ajustado explica 78.7013% de la variabilidad en DUMAS. El coeficiente de correlación es igual a 0.887137, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables. El error estándar del estimado indica que la desviación estándar de los residuos es 88.6959. Este valor puede usarse para construir límites de predicción para nuevas observaciones, seleccionando la opción de Pronósticos del menú de texto.

El error absoluto medio (MAE) de 65.0484 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos. Puesto que el valor-P es menor que 0.05, hay indicación de una posible correlación serial con un nivel de confianza

del 95.0%. Grafique los residuos versus el número de fila para ver si hay algún patrón que pueda detectarse.

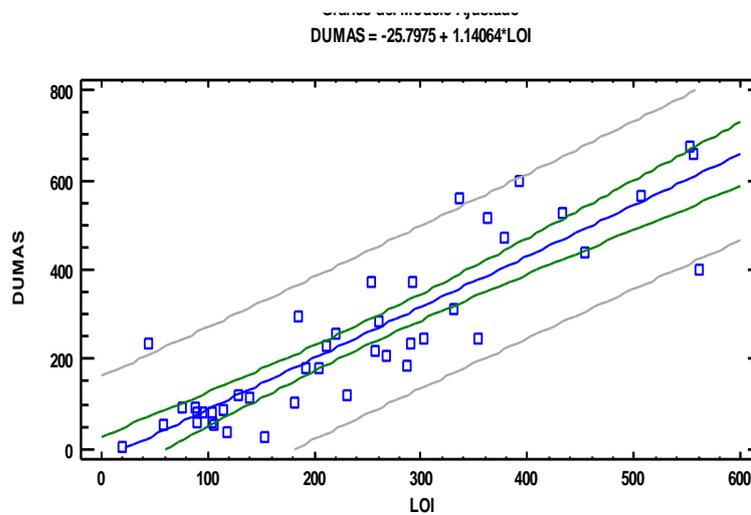


Gráfico 17-3: Relación entre los métodos DUMAS vs. LOI
Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

3.7.1.3 ANOVA para el COS en los cuatro diferentes Edafopaisajes.

Tabla 22-3: ANOVA para COS por Edafopaisaje

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	242123.	3	80707.6	3.08	0.0381
Intra grupos	1.04756E6	40	26189.0		
Total (Corr.)	1.28968E6	43			

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de un factor para COS. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de COS para los 4 diferentes niveles de Edafopaisaje. La prueba-F en la tabla ANOVA determinó si hay diferencias significativas entre las medias. En las que hubo, la Prueba de Rangos Múltiples indicó cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Las diferentes gráficas ayudaron a juzgar la significancia práctica de los resultados, así como permitieron buscar posibles violaciones de los supuestos subyacentes en el análisis de varianza.

Medias y 95.0% de Fisher LSD

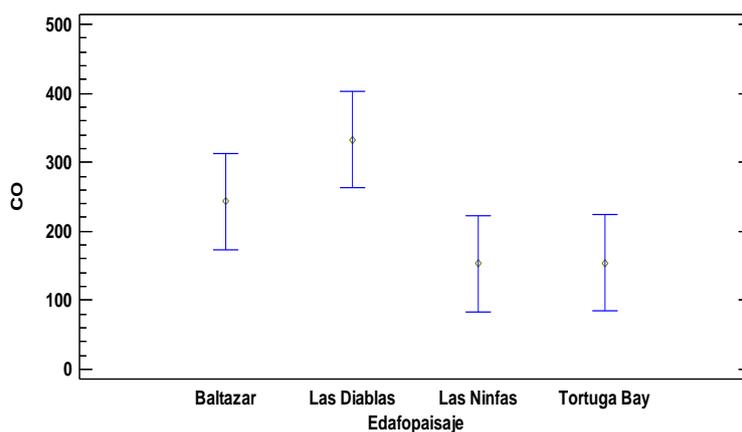


Gráfico 18-3: Prueba de Rangos Múltiples con las medias

Realizado por: Cárdenas D., Paredes B. 2020

La tabla ANOVA descompone la varianza de COS en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 3.08173, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de COS entre un nivel de Edafopaisaje y otro, con un nivel del 95.0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras ver la Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares (Gráfico 18-3).

CONCLUSIONES

- Los análisis físico-químicos del total de las muestras analizadas en los cuatro edafopaisajes ubicados en las islas Santa Cruz e Isabela de la provincia de Galápagos, concluye que efectivamente el pH varía en función de cada edafopaisaje presentando valores que tienden a ser ácidos hasta valores que son cercanos a neutros, la conductividad eléctrica presentó valores fuertemente salinos para los cuatro edafopaisajes y que, el efectivo reciclaje de nutrientes que se presentó en los sedimentos de manglar permitieron obtener altos valores de contenidos de materia orgánica.
- La estimación del CO₂ – eq presentó emisiones altas en los edafopaisajes de la isla Isabela, mientras que los edafopaisajes de la isla Santa Cruz presentaron menor emisión, tomando en cuenta también que las concentraciones máximas de CO₂ -eq en los edafopaisajes preservados fueron mayor que en los que no son preservados, todo esto muestra una introducción continua del ciclo natural del proceso de reciclaje de nutrientes que se da en los sedimentos para la captura de estas emisiones.
- La correlación obtenida indicó que existe una relación estadísticamente significativa entre los métodos de DUMAS y LOI con un nivel de confianza del 95.0%, además la cuantificación de COS entre los edafopaisajes preservados y los no preservados de las dos islas del archipiélago de Galápagos presentó valores altos en la isla Isabela, mientras que para el caso de los edafopaisajes de la Isla Santa Cruz fue significativamente menor a los de la isla Isabela, presentándose el mismo caso en ambas metodologías. Así mismo se determinó que a medida que la densidad aparente aumenta, se reduce la porosidad del suelo y por lo tanto el contenido orgánico disminuye.

RECOMENDACIONES

- Es recomendable realizar en la misma fase de campo los análisis de potencial de hidrogeno y la conductividad eléctrica ya que estos parámetros son fundamentales para evitar error alguno en los datos y resultados existentes.
- Para investigaciones próximas a este estudio realizado se recomienda considerar análisis como parámetros que puedan estar alterando en las metodologías empleadas para el COS, tales pueden ser como los de biomasa aérea, así como también los la diversidad de especies vegetales presentes en los diferentes edafopaisajes.
- Se recomienda que en el proceso de COS se debe tener mucho cuidado con los valores de temperatura para que estos no sean alterados al momento de ingresar al equipo FLASH 2000, ya que podría causar errores en las curvas de respuesta a nuestros análisis, provocando datos erróneos y poco confiables.

GLOSARIO:

Carbono orgánico en el suelo: se vincula con la cantidad y disponibilidad de nutrientes del suelo, al aportar elementos como el N cuyo aporte mineral es normalmente deficitario (MARTINEZ H, FUENTES E & ACEVEDO H, 2008, p.86).

Ciclo del carbono: El ciclo del carbono aglutina los almacenes de ese elemento en el sistema Tierra (litosfera, hidrosfera, biosfera, atmósfera y rizosfera) y los flujos que se producen entre ellos (Chivelet, 2010, p.6).

Edafopaisajes: Su evolución y su distribución se explican en conjunto con los procesos geomórficos. El estudio de las formas del paisaje, los factores que determinan los procesos formadores constituye un enfoque para intentar explicar la distribución de los suelos en un paisaje determinado (Bobadilla-Ballesteros et al., 2015, p.46).

Materia orgánica del suelo: Son todos los componentes de materia viva que sufren una serie de transformaciones siendo estos los residuos orgánicos sin descomponer los mismos que están formados por: hidratos de carbono simples y complejos, compuestos nitrogenados, lípidos, ácidos orgánicos, polímeros y compuestos fenólicos y elementos minerales (Meléndez & Soto, 2003, p.62).

Parcela: Las parcelas permanentes de muestreo (PPM), son una herramienta para el manejo e investigación de la dinámica de los bosques naturales (en su estado natural y bajo intervención) (Bobadilla-Ballesteros et al., 2015, p.35).

Perfil del suelo: es la sección o corte vertical que describen y analizan los edafólogos con vistas a describirlo y clasificarlo. Este suele tener un metro o dos de profundidad, si la roca madre, o el material parental, no aparece antes (Meléndez & Soto, 2003, p.42).

Secuestro de carbono: es aquel que depende del contenido inicial en carbono orgánico, de las tasas de crecimiento y edad del rodal, de la capacidad biológica inherente al lugar y, finalmente, de la utilización de los productos que se obtengan (Pardos, 2010, p.34).

Sedimentos: es un material sólido, transportado por factores como el viento, el agua o el hielo, que se deposita en capas de forma no consolidada (Pardos, 2010, p.46).

Servicios ecosistémicos: Son la multitud de beneficios que la naturaleza aporta a la sociedad. La biodiversidad es la diversidad existente entre los organismos vivos, que es esencial para la función de los ecosistemas y para que estos presten sus servicios (FAO, 2015, p.6).

Sistemas de información Geográfica: la conjunción de datos relacionados con el espacio físico con herramientas informáticas, es decir, con programas informáticos o software (Geoinnova, 2018,p.12).

BIBLIOGRAFÍA

ADHIKARI, S., BAJRACHARAYA, R.M. & SITAULA, B.K., A Review of Carbon Dynamics and Sequestration in Wetlands. *Journal of Wetlands Ecology* [en línea], 2009. pp. 42-46. [Consulta: 17 enero 2020]. ISSN 2091-0363. DOI 10.3126/jowe.v2i1.1855. Disponible en: <https://www.nepjol.info/index.php/JOWE/article/view/1855>.

ALONGI, D.M., Carbon sequestration in mangrove forests. *Carbon Management* [en línea], 2012. vol. 3, no. 3, pp. 313-322. ISSN 17583004. DOI 10.4155/cmt.12.20. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Daniel_Alongi2/publication/274116107_Carbon_sequestration_in_mangrove_forests/links/556b926408aec22683037b84.pdf.

ALONGI, D.M., Carbon Cycling and Storage in Mangrove Forests. *Annual Review of Marine Science* [en línea], 2014. vol. 6, no. 1, pp. 195-219. [Consulta: 30 enero 2020]. ISSN 1941-1405. DOI 10.1146/annurev-marine-010213-135020. Disponible en: www.annualreviews.org.

AMATO, M. & LADD, J.N., Decomposition of ¹⁴C-labelled glucose and legume material in soils: Properties influencing the accumulation of organic residue C and microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry* [en línea], 1992. vol. 24, no. 5, pp. 455-464. [Consulta: 28 enero 2020]. ISSN 00380717. DOI 10.1016/0038-0717(92)90208-F. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00009325>.

ARNALDS, A., Carbon sequestration and the restoration of land health. *Climatic Change* [en línea], 2004. vol. 65, no. 3, pp. 333-346. [Consulta: 23 enero 2020]. ISSN 01650009. DOI 10.1023/B:CLIM.0000038204.60219.0a. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1023/B:CLIM.0000038204.60219.0a>.

AUXILAB, Probeta graduada vidrio, 250 ml - Material de Laboratorio. [en línea]. 2016. [Consulta: 3 junio 2020]. Disponible en: <https://www.auxilab.es/es/productos-laboratorio/probeta-graduada-vidrio-250-ml/>.

BAEZA-HERRERA, O., CALDERÓN-AGUILERA, C., LEY-GUING, J.A., GONZÁLEZ, A.M., ROBLES-CAIRO, C. & PEIMBERT-DUARTE, A.J., Modelo valorativo simple para jerarquizar componentes morfológicos. *International Conference Virtual City and Territory. «6to. Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual»* [en línea]. 2010. Mexicali: UABC: Centre de Política de Sòl i Valoracions Universidad Autónoma de Baja California, [Consulta: 31

enero 2020]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2099/12725>.

BARRETO, M.B., LO MÓNACO, S., DÍAZ, R., BARRETO-PITTOL, E., LÓPEZ, L. & PERALBA, M. do C.R., Soil organic carbon of mangrove forests (Rhizophora and Avicennia) of the Venezuelan Caribbean coast. *Organic Geochemistry* [en línea], 2016. vol. 100, pp. 51-61. [Consulta: 20 mayo 2019]. ISSN 01466380. DOI 10.1016/j.orggeochem.2016.08.002. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0146638016301115>.

BATJES, N.H., Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science* [en línea], 1996. vol. 47, no. 2, pp. 151-163. [Consulta: 20 mayo 2019]. ISSN 13510754. DOI 10.1111/j.1365-2389.1996.tb01386.x. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2389.1996.tb01386.x>.

BEARE, M.H., MCNEILL, S.J., CURTIN, D., PARFITT, R.L., JONES, H.S., DODD, M.B. & SHARP, J., Estimating the organic carbon stabilisation capacity and saturation deficit of soils: A New Zealand case study. *Biogeochemistry*, 2014. vol. 120, no. 1-3, pp. 71-87. ISSN 1573515X. DOI 10.1007/s10533-014-9982-1.

BENÍTEZ, L.G.C., ALVARADO, R.T. & TOLEDO, J.C.C., Carbono orgánico y características texturales de los sedimentos del sistema costero lagunar Carretas–Pereyra, Chiapas. *Hidrobiológica* [en línea], 2009. vol. 19, no. n. 1, pp. 33-42. ISSN 0188-8897. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972009000100005.

BETANCOURT-PORTELA, J.M., PARRA, J.P. & VILLAMIL, C., EMISIÓN DE METANO Y ÓXIDO NITROSO DE LOS SEDIMENTOS DE MANGLAR DE LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA, CARIBE COLOMBIANO. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR* [en línea], 2013. vol. 42, pp. 131-152. ISSN 0122-9761. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-97612013000100008&nrm=iso.

BOBADILLA-BALLESTEROS, M., TAPIA-SÁNCHEZ, X., FUENTES-ROMERO, E.. & GARCÍA-CALDERÓN, E., Memorias del Primer Congreso Boliviano de la Ciencia del Suelo. *EL EDAFOPAISAJE EN LA MICROCUENCA PEÑA AZUL, MUNICIPIO DE SAN JOAQUÍN, QUERÉTARO* [en línea]. 2015. S.l.: s.n., pp. 209. [Consulta: 19 agosto 2020]. Disponible en: http://www.smcsmx.org/files/congresos/2015/3_DIVISION_1.pdf.

BODERO, A., EL BOSQUE DE MANGLAR DE ECUADOR. [en línea], 2005. pp. 14.

[Consulta: 2 febrero 2020]. Disponible en:
http://www.rts.ec/difusion_ambiental/manglares_ecuador.pdf.

BURBANO ORJUELA, H., El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. *Revista de Ciencias Agrícolas* [en línea], 2018. vol. 35, no. 1, pp. 82. [Consulta: 28 enero 2020]. ISSN 0120-0135. DOI 10.22267/rcia.183501.85. Disponible en:
<http://dx.doi.org/10.22267/rcia.183501.85>.

CALVA B., L.G. & TORRES ALVARADO, R., Distribución de carbohidratos, carbono y nitrógeno orgánico en sedimentos de tres lagunas costeras del Golfo de México. *Hidrobiológica* [en línea], 2000. vol. 10, no. 2, pp. 101-114. ISSN 0188-8897. Disponible en:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972000000200004&lang=es.

CAMPOS CASCAREDO, A. & MORENO-CASASOLA, P., Suelos hidromórficos. En: P.M.-C. B. y B.G. WARNER (eds.), *Breviario para describir, observar y manejar humedales* [en línea]. México: Instituto de Ecología A.C., Semarnat, 2009. pp. 407. ISBN 9786077579120. Disponible en:
http://www1.inecol.edu.mx/costasustentable/esp/pdfs/Publicaciones/Breviario_Humedales.pdf.

CASTILLO, L.F.-D. & ÁLVAREZ-LEÓN, R., EVALUACION DE SUELOS DE MANGLAR EN DOS LOCALIDADES DE LA ENSENADA DE TUMACO, PACIFICO COLOMBIANO. [en línea], 2011. vol. 44, no. 1, pp. 12-20. [Consulta: 29 mayo 2020]. Disponible en:
<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/19226>.

CERÓN, R.M., CERÓN, J.G., GUERRA, J.J., ZAVALA, J.C., AMADOR, L.E., ENDAÑU, E. & MORENO, G., Determination of the amount of carbon stored in a disturbed mangrove forest in Campeche, Mexico. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 2011. vol. 144, pp. 327-338. ISSN 17433541. DOI 10.2495/ECO110291.

CHÁVEZ, J., GONZÁLEZ, J., LÓPEZ, L., CEVALLOS, J. & CARRASCO, M., *Plan de acción para la conservación y uso sostenible de los Humedales del Sur de Isabela* [en línea]. 2003. 2003. Primera ed. Quito: Imprimax. Disponible en:
<http://suia.ambiente.gob.ec/documents/783967/890928/Plan+de+acción+para+la+conservación+y+uso+sostenible+de+los+Humedales+del+Sur+de+Isabela..pdf/f2414b50-eced-450b-a723-0425c4a16022>.

CHEN, G., AZKAB, M.H., CHMURA, G.L., CHEN, S., SASTROSUWONDO, P., MA, Z., DHARMAWAN, I.W.E., YIN, X. & CHEN, B., Mangroves as a major source of soil carbon storage in adjacent seagrass meadows. *Scientific Reports*, 2017. vol. 7, no. 1, pp. 1-10. ISSN 20452322. DOI 10.1038/srep42406.

CHEN, R. & TWILLEY, R.R., A simulation model of organic matter and nutrient accumulation in mangrove wetland soils. *Biogeochemistry*, 1999. vol. 44, no. 1, pp. 93-118. ISSN 0168-2563. DOI 10.1007/bf00993000.

CHIVELET, J., Ciclo del carbono y clima: la perspectiva geológica Carbon Cycle and Climate: the geological perspective - E-Prints Complutense. *Enseñanza de las ciencias de la tierra* [en línea], 2010. vol. 18, no. 1, pp. 33-46. [Consulta: 19 agosto 2020]. ISSN 1132-9157. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/33310/>.

COLEPARMER, Hach 51800-10 sensION 5 Waterproof Conductivity Meter from Cole-Parmer. [en línea]. 2018. [Consulta: 3 junio 2020]. Disponible en: <https://www.coleparmer.com/i/hach-51800-10-sension-5-waterproof-conductivity-meter/1960400>.

CORNEJO, X., *Árboles y arbustos de los manglares del ecuador (MAE/FAO)* [en línea]. Quito: MAE / FAO UN-REDD. 2014. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/142915-opac>.

COSTA, M.T., SALINAS-DE-LEÓN, P. & ABURTO-OROPEZA, O., *Correction to: Storage of blue carbon in isolated mangrove forests of the Galapagos' rocky coast (Wetlands Ecology and Management, (2019), 27, 4, (455-463), 10.1007/s11273-019-09653-8)*. 2019a. 1 agosto 2019. S.l.: Springer Netherlands.

COSTA, M.T., SALINAS-DE-LEÓN, P. & ABURTO-OROPEZA, O., Storage of blue carbon in isolated mangrove forests of the Galapagos' rocky coast. *Wetlands Ecology and Management*, 2019b. vol. 27, no. 4, pp. 455-463. ISSN 15729834. DOI 10.1007/s11273-019-09653-8.

CUEVAS B, J., SEGUEL S, O., ELLIES SCH, A. & DÖRNER F, J., EFECTOS DE LAS ENMIENDAS ORGÁNICAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO CON ESPECIAL REFERENCIAS A LA ADICIÓN DE LODOS URBANOS. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 2006. vol. 6, no. 2, pp. 1-12. ISSN 0718-2791. DOI 10.4067/s0718-27912006000200001.

DABADIE, M., PÉREZ, C., ARTURI, M., GOYA, J. & SANDOVAL, M., Calibración del método de pérdida de peso por ignición para la estimación del carbono orgánico en Inceptisoles del NE de Entre Ríos. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* [en línea], 2018. vol. 117, no. 1, pp. 157-162. ISSN 0041-8676. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6937489>.

DIRECCIÓN DEL PARQUE NACIONAL GALÁPAGOS (DPNG), *Plan de manejo de las Áreas Protegidas de Galápagos para el Buen Vivir* [en línea]. Puerto Ayora, Galápagos: Imprenta Mariscal. 2014. Disponible en: http://www.galapagos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/07/DPNG_Plan_de_Manejo_2014.pdf.

DONATO, D.C., KAUFFMAN, J.B., MURDIYARSO, D., KURNIANTO, S., STIDHAM, M. & KANNINEN, M., Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience* [en línea], 2011. vol. 4, no. 5, pp. 293-297. [Consulta: 21 mayo 2019]. ISSN 17520894. DOI 10.1038/ngeo1123. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/ngeo1123>.

ESCO, Esco | Hornos de Laboratorio de Convección Forzada. [en línea]. 2017. [Consulta: 3 junio 2020]. Disponible en: <http://www.escoglobal.es/product/hornos-de-laboratorio/hornos-de-laboratorio-de-conveccion-forzada/ofa/>.

ESTRADA HERRERA, I. del R., *Carbono en biomasa aérea, en suelo y su relación con la fracción fina de este reservorio* [en línea]. S.l.: Colegio de Posgraduados Montecillo Texcoco, Edo de México. 2007. [Consulta: 23 enero 2020]. Disponible en: http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/256/Sanchez_Borja_M_DC_Fitosanidad_2010.pdf?sequence=1.

ESWARAN, H., VAN DEN BERG, E. & REICH, P., Organic carbon in soils of the World. *Soil Science Society of America Journal* [en línea], 1993. vol. 57, no. 1, pp. 192-194. [Consulta: 20 mayo 2019]. ISSN 03615995. DOI 10.2136/sssaj1993.03615995005700010034x. Disponible en: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/sssaj/abstracts/57/1/SS0570010192>.

ETCHEVERS, J.D., PRAT, C., BALBONTÍN, C., BRAVO, M. & MARTÍNEZ, M., Influence of land use on carbon sequestration and erosion in Mexico, a review. *Agronomy for Sustainable Development* [en línea], 2006. vol. 26, no. 1, pp. 21-28. [Consulta: 23 enero 2020]. ISSN 17740746. DOI 10.1051/agro:2005053. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1051/agro:2005053>.

EUROTUBO, Bolsas y kits para toma de muestras en sedimentos. 89. [en línea]. 2016. [Consulta: 3 junio 2020]. Disponible en: https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/82755/BOLSAS~1.PDF.

EYHERABIDE, M., ECHEVERRÍA, ROZAS, S. & BARBIERI, P., COMPARACIÓN DE MÉTODOS PARA DETERMINAR CARBONO ORGÁNICO EN SUELO. *Ciencia del suelo* [en línea], 2014. vol. 32, no. 1, pp. 13-19. ISSN 1850-2067. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672014000100002.

FABRE, C., SAUVAGE, S., TANANAEV, N., NOËL, G.E., TEISSERENC, R., PROBST, J.L. & PÉREZ, J.M.S., Assessment of sediment and organic carbon exports into the Arctic ocean: The case of the Yenisei River basin. *Water Research*, 2019. vol. 158, pp. 118-135. ISSN 18792448. DOI 10.1016/j.watres.2019.04.018.

FAO, Servicios ecosistémicos y biodiversidad | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [en línea]. 2015. [Consulta: 20 agosto 2020]. Disponible en: <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/>.

FISHER, Vasos de precipitados Griffin de alta resistencia PYREX™ Capacity: 1000mL; Graduations: 50mL Vasos de precipitados Griffin de alta resistencia PYREX™ | Fisher Scientific. [en línea]. 2015. [Consulta: 3 junio 2020]. Disponible en: <https://www.fishersci.es/shop/products/pyrex-heavy-duty-griffin-beakers-7/10680941>.

FISHER, Crisoles. [en línea]. 2016a. [Consulta: 3 junio 2020]. Disponible en: <https://www.fishersci.es/es/es/products/I9C8JXBL/crucibles.html>.

FISHER, Fisherbrand™ accumet™ AP110 Portable pH Meter accumet AP110 Meter Only Pehachímetros portátiles | Fisher Scientific. [en línea]. 2016b. [Consulta: 3 junio 2020]. Disponible en: <https://www.fishersci.es/shop/products/fisher-scientific-accumet-ap110-portable-ph-meter/11580184>.

FRANZLUEBBERS, A.J., HANEY, R.L., HONS, F.M. & ZUBERER, D.A., Active fractions of organic matter in soils with different texture. *Soil Biology and Biochemistry*, 1996. vol. 28, no. 10-11, pp. 1367-1372. ISSN 00380717. DOI 10.1016/S0038-0717(96)00143-5.

GAD ISABELA, PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE ISABELA 2012-2016 GOBIERNO. [en línea]. Isabela, Galápagos - Ecuador: 2012. [Consulta: 3

febrero 2020]. Disponible en: https://www.gobiernogalapagos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/08/PDOT-ISABELA-2012_2.pdf.

GAD SANTACRUZ, PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL CANTÓN SANTA CRUZ. [en línea]. Santa Cruz, Galápagos, Ecuador: 2012. [Consulta: 4 febrero 2020]. Disponible en: https://www.gobiernogalapagos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/08/PDOT-Santa-Cruz-2012_2_primer.pdf.

GALICIA, L., GAMBOA CÁCERES, A.M., CRAM, S., VERGARA, B.C., RAMÍREZ, V.P., SAYNES, V. & SIEBE, C., Almacén y dinámica del carbono orgánico del suelo en bosques templados de México. *Terra Latinoamericana* [en línea], 2016. vol. 34, pp. 1-29. ISSN 0187-5779. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792016000100001&nrm=iso.

GALLART MARTINEZ, F., *La conductividad eléctrica del suelo como indicador de la capacidad de uso de los suelos de la zona norte del Parque Natural de la Albufera de Valencia*. [en línea]. S.l.: UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. 2018. [Consulta: 6 junio 2020]. Disponible en: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/94368/GALLART - La conductividad eléctrica del suelo como indicador de la capacidad de uso de los suelo....pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/94368/GALLART%20-%20La%20conductividad%20el%C3%A9ctrica%20del%20suelo%20como%20indicador%20de%20la%20capacidad%20de%20uso%20de%20los%20suelos....pdf?sequence=1).

GARCÍA VILLALOBOS, F.J. & ESCOBAR BRIONES, E., Distribución espacial del carbono orgánico total en el sedimento superficial de la planicie abisal del Golfo de México. En: B. HERNÁNDEZ DE LA TORRE y G.G. CASTRO (eds.), *Carbono en ecosistemas acuáticos de México* [en línea]. C.D.Mx.-México: México : Instituto Nacional de Ecología, 2007. pp. 117-128. ISBN 9789688178553. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/531/cap7.pdf>.

GAY, L., *Influencia de la materia orgánica del suelo en el secuestro de carbono. Biochar, una estrategia potencial* [en línea]. S.l.: Universidad Complutense de Madrid. 2015. [Consulta: 28 enero 2020]. Disponible en: [http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/LAURA MILIAN GAY.pdf](http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/LAURA%20MILIAN%20GAY.pdf).

GELIN, A. & GRAVEZ, V., Lagunas Costeras. En: E. DANULAT y G.J. EDGAR (eds.), *Reserva Marina de Galápagos. Línea Base de la Biodiversidad*. [en línea]. Santa Cruz, Galápagos, Ecuador: Fundación Charles Darwin/Servicio Parque Nacional Galápagos. ical Station and Galapagos National Park, 2002a. pp. 94-152. ISBN 9978530185 9789978530184. Disponible

en:

https://www.researchgate.net/profile/Vanessa_Francisco/publication/233390688_Comunidades_Submareales_Rocosas_I_Organismos_Sesiles_y_Mesoinvertebrados_moviles/links/554bb9650cf29f836c98eece/Comunidades-Submareales-Rocosas-I-Organismos-Sesiles-y-Mesoinverte.

GELIN, A. & GRAVEZ, V., LAGUNAS COSTERAS. En: E. DANULAT y G.J. EDGAR (eds.), *Reserva Marina de Galápagos. Línea Base de la Biodiversidad*. [en línea]. Santa Cruz, Galápagos, Ecuador: Fundación Charles Darwin/Servicio Parque Nacional Galápagos., 2002b. pp. 126-152. ISBN 9978530185 9789978530184. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Vanessa_Francisco/publication/233390688_Comunidades_Submareales_Rocosas_I_Organismos_Sesiles_y_Mesoinvertebrados_moviles/links/554bb9650cf29f836c98eece/Comunidades-Submareales-Rocosas-I-Organismos-Sesiles-y-Mesoinverte.

GEOINNOVA, ¿Qué son los Sistemas de Información Geográfica (SIG)? - Cursos Geoinnova.org. 1 [en línea]. 2018. [Consulta: 20 agosto 2020]. Disponible en: <https://geoinnova.org/cursos/que-son-los-sistemas-de-informacion-geografica-sig/>.

GEOTOP, GPS Navegador Garmin Montana 680 | Geotop. [en línea]. 2017. [Consulta: 3 junio 2020]. Disponible en: <https://geotop.com.pe/producto/gps-navegador/gps-navegador-garmin/gps-navegador-garmin-montana/garmin-montana-680/>.

GODOY, M.E. & AJOY, F.R., LOS MANGLARES DE LAS ISLAS GALÁPAGOS Y SU INCIDENCIA AMBIENTAL EN EL ECUADOR. *Desarrollo local sostenible* [en línea], 2018. vol. 11, no. 31, pp. 7. [Consulta: 20 mayo 2019]. ISSN 1988-5245. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6507862>.

GÓMEZ DURAÑONA, G.D., *ESTUDIO DE LOS SEDIMENTOS DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA* [en línea]. S.l.: UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK. 2005. [Consulta: 10 junio 2020]. Disponible en: <http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/321>.

GONZÁLEZ MOLINA, L., ETCHEVERS BARRA, J.D. & HIDALGO MORENO, C., Carbono en suelos de ladera: factores que deben considerarse para determinar su cambio en el tiempo. *Agrociencia* [en línea], 2008. vol. 42, pp. 741-751. ISSN 1405-3195. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952008000700001&nrm=iso.

HAMILTON, S.E. & LOVETTE, J., Ecuador's mangrove forest carbon stocks: A

spatiotemporal analysis of living carbon holdings and their depletion since the advent of commercial aquaculture. *PLoS ONE* [en línea], 2015. vol. 10, no. 3, pp. e0118880. [Consulta: 21 mayo 2019]. ISSN 19326203. DOI 10.1371/journal.pone.0118880. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0118880>.

HASSINK, J., Effect of soil texture on the size of the microbial biomass and on the amount of c and n mineralized per unit of microbial biomass in dutch grassland soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 1994. vol. 26, no. 11, pp. 1573-1581. ISSN 00380717. DOI 10.1016/0038-0717(94)90100-7.

HEDGES, J.I., KEIL, R.G. & BENNER, R., What happens to terrestrial organic matter in the ocean? *Organic Geochemistry* [en línea]. 1997. S.l.: s.n., pp. 195-212. [Consulta: 20 mayo 2019]. DOI 10.1016/S0146-6380(97)00066-1. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0146638097000661>.

HERRERA SILVEIRA, J.A. & HERNÁNDEZ, C.T., Carbono Azul , Manglares Y Política Pública. *Elementos para políticas públicas* [en línea], 2017. vol. 1, no. 1, pp. 43-52. [Consulta: 29 enero 2020]. ISSN 2448-5578. Disponible en: http://earthobservatory.nasa.gov/Library/CarbonCycle/carbon_cycle4.html.

HONORIO CONORADO, E.N. & BAKER, T.R., *Manual para el monitoreo del ciclo de carbono en bosques amazónicos* [en línea]. Prime edic. Lima-Peru: E. N. Honorio Coronado, IIAP, Av. José A. Quiñones km 2,5 - Apartado Postal 784, Iquitos - Perú. 2010. [Consulta: 28 enero 2020]. Disponible en: http://www.rainfor.org/upload/ManualsSpanish/Honorio_Baker2010 Manual carbono.pdf.

HOWARD, J., HOYT, S., ISENSEE, K., PIDGEON, E. & TELSZEWSKI, M., *Coastal Blue Carbon: Methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrass meadows*. [en línea]. eds. Arlington, Virginia, USA.: Conservation International, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, International Union for Conservation of Nature. 2019. Disponible en: <https://www.thebluecarboninitiative.org/manual>.

INOCAR, CAPÍTULO VI: Islas Galápagos. Derrotero de la Costa Continental e Insular del Ecuador [en línea]. sexta edic. S.l.: Instituto Oceanográfico de la Armada, 2011. pp. 52. Disponible en: http://www.inocar.mil.ec/docs/derrotero/derrotero_cap_VI.pdf.

IRBE, Librería IRBE Bolivia - Marcador Permanente Doble Punta Sharpie Negro. [en línea]. 2017. [Consulta: 3 junio 2020]. Disponible en: <https://libreriairbe.com/producto/marcador-permanente-doble-punta-sharpie-negro/>.

KAISER, K. & KALBITZ, K., Cycling downwards – dissolved organic matter in soils. *Soil Biology and Biochemistry* [en línea], 2012. vol. 52, pp. 29-32. [Consulta: 28 enero 2020]. ISSN 00380717. DOI 10.1016/j.soilbio.2012.04.002. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0038071712001381>.

KANE, D., Carbon Sequestration Potential on Agricultural Lands: A Review of Current Science and Available Practices In association with: National Sustainable Agriculture Coalition Breakthrough Strategies and Solutions, LLC. *National Sustainable Agriculture Coalition Breakthrough Strategies and Solutions, LLC* [en línea]. 2015. [Consulta: 27 enero 2020]. Disponible en: <http://sustainableagriculture.net/publications>.

KÖGEL-KNABNER, I., Analytical approaches for characterizing soil organic matter. *Organic Geochemistry*. 2000. S.l.: s.n., pp. 609-625. DOI 10.1016/S0146-6380(00)00042-5.

L'ORANGE SEIGO, S., DOHLE, S. & SIEGRIST, M., Public perception of carbon capture and storage (CCS): A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [en línea], 2014. vol. 38, pp. 848-863. ISSN 13640321. DOI 10.1016/j.rser.2014.07.017. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.017>.

LABCOM, Pipeta 5 ml clase B graduada. [en línea]. 2016. [Consulta: 3 junio 2020]. Disponible en: <https://www.labcomercial.com/es/pipetas/1599-pipeta-5ml-clase-b-graduada.html>.

LAKE, J.A., JOHNSON, I. & CAMERON, D.D., Carbon Capture and Storage (CCS) pipeline operating temperature effects on UK soils: The first empirical data. *International Journal of Greenhouse Gas Control* [en línea], 2016. vol. 53, pp. 11-17. ISSN 17505836. DOI 10.1016/j.ijggc.2016.07.027. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijggc.2016.07.027>.

LEFÈVRE CLARA, FATMA, R., VIRIDIANA, A. & LIESL, W., Carbono orgánico del suelo - el potencial Oculto. En: W. LIESL, A. VIRIDIANA, B. RAINER y V. RONALD (eds.), *Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO* [en línea]. Roma, Italia.: s.n., 2017. pp. 77. ISBN 9789253096817. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i6937es/I6937ES.pdf>.

LLAMUCA, J.L., *Determinación de carbono en el suelo de bosque nativo de ceja andina en el sector Guangra, parroquia Achupallas, cantón Alausí, provincia de Chimborazo*. [en línea]. S.l.: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2015. [Consulta: 31 marzo 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3883>.

LÓPEZ, B., BARRETO, M.B. & CONDE, J.E., Caracterización de los manglares de zonas semiáridas en el noroccidente de Venezuela. *Interciencia*, 2011. vol. 36, no. 12, pp. 888-893. ISSN 03781844.

LORENZ, K. & LAL, R., The Depth Distribution of Soil Organic Carbon in Relation to Land Use and Management and the Potential of Carbon Sequestration in Subsoil Horizons. *Advances in Agronomy*, 2005. vol. 88, pp. 35-66. ISSN 00652113. DOI 10.1016/S0065-2113(05)88002-2.

LUIS-MEJÍA, S., GÓMEZ-GUERRERO, A., ÁNGELES-PÉREZ, G., LÓPEZ-LÓPEZ, M.A., ETCHEVERS-BARRA, J.D. & HORWATH, W.R., Accumulation of soil organic carbon in *Pinus michoacana* reforestation. *Agrociencia* [en línea], 2007. vol. 41, no. 7, pp. 711-721. [Consulta: 23 enero 2020]. ISSN 1405-3195. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30220237001> Cómo citar el artículo Número completo Más información del artículo.

MARÍN MUÑOZ, J.L., HERNÁNDEZ ALARCÓN, M.E. & BARCELÓ, P.M.-C., SECUESTRO DE CARBONO EN SUELOS DE HUMEDALES COSTEROS DE AGUA DULCE EN VERACRUZ. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* [en línea], 2011. vol. 13, pp. 365-372. [Consulta: 29 mayo 2020]. ISSN 1870-0462. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93920942013>.

MARTINEZ H, E., FUENTES E, J.P. & ACEVEDO H, E., CARBONO ORGÁNICO Y PROPIEDADES DEL SUELO. *Suelo Nutr. Veg* [en línea], 2008. vol. 8, no. 1, pp. 68-96. ISSN 0718-2791. DOI <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912008000100006>. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-27912008000100006&lng=es&nrm=iso%3E. ISSN 0718-2791. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912008000100006>.

MELÉNDEZ, G. & SOTO, G., *TALLER DE ABONOS ORGÁNICOS* [en línea]. S.l.: Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica y la Cámara de Insumos Agropecuarios No Sintéticos. 2003. [Consulta: 19 agosto 2020]. Disponible en: <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria Taller Abonos Orgánicos.pdf>.

MÉNDEZ MORENO, A., *Caracterización biogeoquímica y edáfica de suelos de manglar en Venezuela. Implicaciones en el secuestro de carbono y metales traza* [en línea]. S.l.: Universidad de Santiago de Compostela. 2016. [Consulta: 31 enero 2020]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10347/14770>.

MERTIND, Suelo & Agua: Barrenos para muestreo de suelo. [en línea]. 2017. [Consulta: 3 junio 2020]. Disponible en: <https://www.mertind.com/bolivia/index.php/productos-agri/medio-ambiente/suelo-agua/barrenos-para-muestreo-de-suelo-detail>.

MOITY, N. & DELGADO, B., Distribution of mangroves in the Galapagos islands, GIS and Google Earth layers. En: Supplement to: Moity, Nicolas; Delgado, Byron; Salinas-de-León, Pelayo (2019): Mangroves in the Galapagos islands: Distribution and dynamics. PLoS ONE, 14(1), e0209313, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209313>, PANGAEA [en línea]. S.l.: PANGAEA. 2018. Disponible en: <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.896684>.

MOITY, N., DELGADO, B. & SALINAS DE LEÓN, P., Mangroves in the Galapagos islands: Distribution and dynamics. *PLoS ONE* [en línea], 2019. vol. 14, no. 1, pp. e0209313. [Consulta: 20 mayo 2019]. ISSN 19326203. DOI 10.1371/journal.pone.0209313. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0209313>.

NIEROP, K.G.J. & VERSTRATEN, J.M., Organic matter formation in sandy subsurface horizons of Dutch coastal dunes in relation to soil acidification. *Organic Geochemistry*, 2003. vol. 34, no. 4, pp. 499-513. ISSN 01466380. DOI 10.1016/S0146-6380(02)00249-8.

OHAUS, OHAUS | Adventurer® Analítica. [en línea]. 2016. [Consulta: 3 junio 2020]. Disponible en: <https://mx.ohaus.com/es-mx/adventureranalytical-16>.

OÑATE AROSTEGUÍ, M., *Fundamentos de Geología y Edafología*. Riobamba - Ecuador: ESPOCH-FRN-DS. 2008.

ONGAY RAMOS, C.G., *Suelos y productividad primaria en manglares en el sur de Quintana Roo*. [en línea]. S.l.: Universidad de Quintana Roo. 2017. [Consulta: 30 mayo 2020]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12249/1263>.

OUYANG, X. & LEE, S.Y., Improved estimates on global carbon stock and carbon pools in tidal wetlands. *Nature Communications*, 2020. vol. 11, no. 1, pp. 1-7. ISSN 20411723. DOI 10.1038/s41467-019-14120-2.

PARDOS, J.A., *Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global* [en línea]. S.l.: s.n. 2010. [Consulta: 28 enero 2020]. ISBN 978-84-7498-529-0. Disponible en: <http://www.060.es>.

PAVCOWAVIN, El flexómetro: qué es y cómo utilizarlo para hacer mediciones. [en línea]. 2018. [Consulta: 3 junio 2020]. Disponible en: <https://pavcowavin.com.co/blog/el-flexometro-que-es-y-como-utilizarlo>.

PRESTON, M.R. & PRODDUTURU, P., Tidal variations of particulate carbohydrates in the Mersey estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 1992. vol. 34, no. 1, pp. 37-48. ISSN 02727714. DOI 10.1016/S0272-7714(05)80125-8.

QUERCUSLAB, Desecador de vidrio - Quercuslab.es. [en línea]. 2015. [Consulta: 3 junio 2020]. Disponible en: <https://quercuslab.es/desecadores-de-laboratorio/820-desecador-vidrio.html>.

RIVADENEYRA, O.-, ORELLANA-RIVADENEYRA, G., SANDOVAL-SOLÍS, M.L., LINARES-FLEITES, G., GARCÍA-CALDERÓN, N.E. & TAMARIZ-FLORES, J. V. DESCRIPCIÓN DE LA DINÁMICA DE CARBONO EN SUELOS FORESTALES MEDIANTE UN MODELO DE RESERVORIOS. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 2012. vol. 3, no. 1, pp. 123-135. ISSN 0718-8706.

ROBERT, M. & FAO, *Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Informe sobre recursos mundiales de suelos No. 96* [en línea]. Roma, Italy: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2002. [Consulta: 29 enero 2020]. ISBN 9253046902. Disponible en: http://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=OKZt9agfRksC&oi=fnd&pg=PR3&dq=CAPTURA+DE+CARBONO+EN+LOS+SUELOS+PARA+UN+MEJOR+MANEJO+DE+LA+TIERRA&ots=5xOjDqvtWf&sig=c9-6h5Q4W_qU0xBHudD4IqchYyc.

RODRÍGUEZ, C.H., *Existencias de carbono azul y la dinámica histórica de la cobertura del bosque manglar en el área conservación Sipacate Naranjo, Guatemala, Centroamérica* [en línea]. S.l.: CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA. 2017. [Consulta: 30 enero 2020]. Disponible en: <http://icc.org.gt/wp-content/uploads/2018/01/Tesis-Carlos-Rodríguez.pdf>.

RODRIGUEZ, M. & CARGUA, F., “*Elaboración De Un Inventario Forestal Multipropósito*

Con Énfasis En El Contenido De Carbono De Las Diferentes Clases De Uso De Tierra, Parroquia Achupallas, Cantón Alausí, Provincia De Chimborazo. [en línea]. S.l.: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. 2013. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2794>.

ROJAS-GARCÍA, F., SANTOYO-GÓMEZ, G.H., GONZÁLEZ-MONTIEL, E. & VELÁZQUEZ-, A., La Ciencia Del Suelo En El Ciclo Del Carbono De México. *Elementos para Políticas Públicas* [en línea], 2017. vol. 1, número, no. C, pp. 69-96. [Consulta: 28 enero 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Fabiola_Rojas-garcia/publication/321994277_La_Ciencia_del_Suelo_en_el_Ciclo_del_Carbono_de_Mexico/links/5a3c7481a6fdcc21d8780495/La-Ciencia-del-Suelo-en-el-Ciclo-del-Carbono-de-Mexico.pdf.

ROSENZWEIG, C. & HILLEL, D., Soils and global climate change: Challenges and opportunities. *Soil Science*, 2000. vol. 165, no. 1, pp. 47-56. ISSN 0038075X. DOI 10.1097/00010694-200001000-00007.

ROSERO, G.A., “*EVALUACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO EN EL ECOSISTEMA DE PÁRAMO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIMBORAZO EN BASE A LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS*” [en línea]. S.l.: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2019. [Consulta: 31 marzo 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11124>.

ROSSALINO JIMÉNEZ, M.B., *Estructura del mangle y la asociación con características fisicoquímicas de agua y suelo en Tumilco, Mpio. de Tuxpan, Ver.* [en línea]. S.l.: UNIVERSIDAD VERACRUZANA. 2015. [Consulta: 28 mayo 2020]. Disponible en: https://www.uv.mx/pozarica/mca/files/2019/05/G03_MARIEL-BEATRIZ-ROSSALINO-JIMENEZ.pdf.

ROSSI, M. & MATTOS, I.F.A., Solos de mangue do estado de São Paulo: caracterização química e física. *Geography Department, University of Sao Paulo*, 2002. vol. 15, pp. 101-113. ISSN 01024582. DOI 10.7154/rdg.2002.0015.0010.

RUMPEL, C., CHABBI, A. & MARSCHNER, B., Carbon storage and sequestration in subsoil horizons: Knowledge, gaps and potentials. *Recarbonization of the Biosphere: Ecosystems and the Global Carbon Cycle* [en línea]. S.l.: Springer Netherlands, 2012. pp. 445-464. [Consulta: 28 enero 2020]. ISBN 9789400741591. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/269991103_Carbon_Storage_and_Sequestration_in_Subsoil_Horizons_Knowledge_Gaps_and_Potentials.

RUTH PALADINO, I., *CALIDAD DE SUELOS Y SECUESTRO DE CARBONO BAJO DISTINTOS USOS EN*. S.l.: Universidad de Buenos Aires. 2014.

SAC, Horno Mufla 1100 °C Thermo Scientific™ FB1310M | Equipamiento Científico. [en línea]. 2016. [Consulta: 3 junio 2020]. Disponible en: https://equipamientocientifico.com/en_US/shop/product/horno-mufla-1100-c-thermo-scientifictm-fb1310m-6798.

SASMITO, S.D., KUZYAKOV, Y., LUBIS, A.A., MURDIYARSO, D., HUTLEY, L.B., BACHRI, S., FRIESS, D.A., MARTIUS, C. & BORCHARD, N., Organic carbon burial and sources in soils of coastal mudflat and mangrove ecosystems. *Catena* [en línea], 2020. vol. 187. [Consulta: 29 enero 2020]. ISSN 03418162. DOI 10.1016/j.catena.2019.104414. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816219305569>.

SAUGIER, B. & PONTAILLER, J.Y., El ciclo global del carbono y sus consecuencias en la fotosíntesis en el Altiplano boliviano Carbon global cycle and its consequences on photosynthesis in the Bolivian Altiplano. *Ecología en Bolivia, versión On-line* [en línea], 2006. vol. 41, no. 3, pp. 71-85. ISSN 2075-5023. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1605-25282006001200006.

SHUKLA, M.K. & LAL, R., Erosional effects on soil organic carbon stock in an on-farm study on Alfisols in west central Ohio. *Soil and Tillage Research*, 2005. vol. 81, no. 2, pp. 173-181. ISSN 01671987. DOI 10.1016/j.still.2004.09.006.

SUSAN, L., Introduction to marine biogeochemistry. En: I. JOHN WILEY & SONS (ed.), *Introduction to marine biogeochemistry*. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1992. pp. 129-141.

SWIFT, R.S., Sequestration of carbon by soil. *Soil Science* [en línea], 2001. vol. 166, no. 11, pp. 858-871. ISSN 0038075X. DOI 10.1097/00010694-200111000-00010. Disponible en: <https://espace.library.uq.edu.au/view/UQ:61136>.

TAN, Z.X., LAL, R., SMECK, N.E. & CALHOUN, F.G., Relationships between surface soil organic carbon pool and site variables. *Geoderma*, 2004. vol. 121, no. 3-4, pp. 187-195. ISSN 00167061. DOI 10.1016/j.geoderma.2003.11.003.

TANNER, M.K., MOITY, N., COSTA, M.T., MARIN JARRIN, J.R., ABURTO-OROPEZA, O. & SALINAS-DE-LEÓN, P., Mangroves in the Galapagos: Ecosystem services and their valuation. *Ecological Economics* [en línea], 2019. vol. 160, pp. 12-24. [Consulta: 20 mayo 2019]. ISSN 09218009. DOI 10.1016/j.ecolecon.2019.01.024. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800918308164>.

TERRAZAS RUEDA, J.M., Aprovechamiento del suelo salino: agricultura salina y recuperación de suelos. *Apthapi [online]*. [en línea], 2019. vol. 5, no. 1, pp. 1539-1563. ISSN 0102-0304. Disponible en: http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-03042019000100016&lng=es&nrm=iso.

TOLEDO, R. & VICIEDO, D., *Muestreo de Suelos, Técnicas de Laboratorio e Interpretación de Análisis de Suelos* [en línea]. Huila: Neiva : Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. 2017. ISBN 978-958-15-0273-8. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/323823646_Muestreo_de_Suelos_Tecnicas_de_Laboratorio_e_Interpretacion_de_Analisis_de_Suelos.

TRUMBORE, S., Radiocarbon and Soil Carbon Dynamics. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* [en línea], 2009. vol. 37, no. 1, pp. 47-66. [Consulta: 28 enero 2020]. ISSN 0084-6597. DOI 10.1146/annurev.earth.36.031207.124300. Disponible en: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.earth.36.031207.124300>.

VAN VEEN, J.A. & KUIKMAN, P.J., Soil structural aspects of decomposition of organic matter by micro-organisms. *Biogeochemistry*, 1990. vol. 11, no. 3, pp. 213-233. ISSN 01682563. DOI 10.1007/BF00004497.

VELÁSQUEZ, J., MÁRQUEZ, A., FERMÍN, I., LÓPEZ, F., HERNÁNDEZ, D. & SENIOR, W., CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA LAGUNA LA RESTINGA, ISLA DE MARGARITA, VENEZUELA. , 2016. DOI 10.5281/ZENODO.160218.

VERTEX, Material general de laboratorio Herramientas. [en línea]. 2017. [Consulta: 3 junio 2020]. Disponible en: <http://www.vertex.es/wp-content/uploads/2016/11/1.2-Herramientas.pdf>.

VESTERDAL, L., RITTER, E. & GUNDERSEN, P., Change in soil organic carbon following

afforestation of former arable land. *Forest Ecology and Management*, 2002. vol. 169, no. 1-2, pp. 137-147. ISSN 03781127. DOI 10.1016/S0378-1127(02)00304-3.

VIDAL-TORRADO, P., FERREIRA, ; T. O., OTERO, ; X. L., SOUZA-JR, V.S., FERREIRA, F.P., ANDRADE, G.R.P. & MACÍAS, F., PEDOGENETIC PROCESSES IN MANGROVE SOILS. En: X.L.O. PÉREZ y F.M. VAZQUEZ (eds.), *BIOGEOCHEMISTRY AND PEDOGENETIC PROCESSES IN SALTMARSH AND MANGROVE SYSTEMS* [en línea]. New York: Nova Science Publishers, Inc, 2010. pp. 36-67. ISBN 9781617282690. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/293132330_Biogeochimistry_and_pedogenetic_processes_in_saltmarsh_and_mangrove_systems.

WANG, W.Q., WANG, M. & LIN, P., Seasonal changes in element contents in mangrove element retranslocation during leaf senescence. *Plant and Soil*, 2003. vol. 252, no. 2, pp. 187-193. ISSN 0032079X. DOI 10.1023/A:1024704204037.

YOUNG, M., GONNEEA, M.E., HERRERA-SILVEI, J. & PAYTAN, A., Export of dissolved and particulate carbon and nitrogen from a mangrove-dominated lagoon, Yucatan Peninsula, Mexico. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*, 2005. vol. 31, no. 3, pp. 189-202. ISSN 0377015X.

ZAMORA MORALES, B., CARIÑO, M.M. & IBARRA, M.P.G., TECNOLOGÍAS DEL INIFAP CON RELACIÓN A LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA CAPTURA DE CARBONO EN EL SUELO. *PROGRAMA MEXICANO DEL CARBONO* [en línea], 2017. vol. VOL 1, pp. 97-110. Disponible en: <http://www.elementopolipub.org/ojs/index.php/epp/article/view/21>.

ANEXOS

ANEXO A: Metodologías de campo

	
<p>Localización de los puntos de muestreo y toma de sedimentos en los mismos.</p>	<p>Empleo de bote para ir a la toma de muestras.</p>
	
<p>Reconocimiento del edafopaisaje con el equipo de trabajo.</p>	<p>Toma de medición de potencial redox y de pH en las muestras</p>
	
<p>Almacenamiento y clasificación de las muestras de sedimentos y etiquetado</p>	<p>Preparación de las muestras para su salida al continente.</p>

ANEXO B: Socialización con la dirección del Parque Nacional Galápagos



Ingreso a la socialización con el PNG-Santa Cruz.



Socialización con las autoridades del Parque Nacional Galápagos (PNG) - Santa Cruz



Ingreso a la socialización con el PNG-isla Isabela.



Socialización del proyecto y obtención de permisos PNG- isla Isabela.

ANEXO C: Monitoreo de Edafopaisaje las Ninfas

 <p>Mapa de la laguna de las Ninfas que muestra zonas de agua dulce y salada. El mapa está dividido en áreas con diferentes tonos de verde y azul, indicando diferentes tipos de edafopaisaje. Se ven etiquetas como 'Agua dulce', 'Agua salada', 'Mangrove' y 'Laguna'.</p>	 <p>Fotografía de la entrada de la laguna de las Ninfas, mostrando un río que desemboca en un cuerpo de agua tranquilo rodeado de vegetación.</p>
<p>Laguna de las Ninfas</p>	<p>Entrada de la laguna de las Ninfas</p>
 <p>Fotografía de la parte posterior de la laguna de las Ninfas, con un puente de madera que cruza el agua.</p>	 <p>Fotografía de la parte cercana al mar de la laguna de las Ninfas, mostrando un muelle de madera y vegetación.</p>
<p>Parte posterior de la laguna de las Ninfas</p>	<p>Parte cercana al mar de la laguna de las Ninfas</p>
 <p>Fotografía del mangle de la laguna de las Ninfas, mostrando un río que fluye a través de un bosque de mangrove.</p>	 <p>Fotografía del sedimento del mangle de las Ninfas, mostrando un muelle de madera que se extiende sobre el agua.</p>
<p>Mangle de la laguna de las Ninfas</p>	<p>Sedimento del mangle de las Ninfas</p>

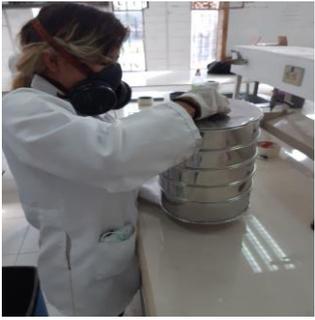
ANEXO D: Monitoreo de edafopaisaje de Tortuga Bay

	
<p>Entrada a Tortuga Bay (Playa mansa)</p>	<p>Entrada a Tortuga Bay (Playa Brava)</p>
	
<p>Parte posterior de Tortuga Bay</p>	<p>Mangle de Tortuga Bay</p>
	
<p>Mangle de Tortuga Bay</p>	<p>Sedimento del mangle Tortuga Bay</p>

ANEXO E: Monitoreo de edafopaisaje Las Diablas

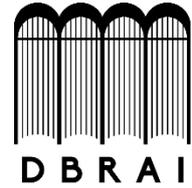
	
<p>Ingreso a la poza de las Diablas</p>	<p>Equipo de trabajo en las Diablas</p>
	
<p>Edafopaisaje las Diablas</p>	<p>Parte central de las Diablas</p>
	
<p>Parte posterior de las Diablas</p>	<p>Sedimento del mangle de las Diablas</p>

ANEXO F: Determinación de materia orgánica

	
Secado de las muestras de sedimento	Tamizado de las muestras ya secas
	
Determinación de densidad aparente	Pérdida de la humedad de las muestras en la estufa a 105°C.
	
Muestras de sedimento en el desecador	Determinación de materia orgánica



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS PARA EL
APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 03 / 08 / 2020

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES	
Nombres – Apellidos: DAVID ALEJANDRO CÁRDENAS IBUJÉS BRIGITTE YAJAIRA PAREDES CUCHIPARTE	
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL	
Facultad: CIENCIAS	
Carrera: INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL	
Título a optar: INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL	
f. Analista de Biblioteca responsable:	

