



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD CIENCIAS
CARRERA DE BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DE LOS HUMEDALES DEL SISTEMA LACUSTRE
EN LA LAGUNA MAGDALENA-ATILLO DEL PARQUE NACIONAL
SANGAY COMO SUMIDERO DE CARBONO**

Trabajo de Titulación
Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:
INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: BRAYAN ALBERTO CHILUIZA DÁVILA
DIRECTOR: ING. ANDRÉS AGUSTÍN BELTRÁN DÁVALOS MSc.

Riobamba-Ecuador
2020

© 2020, **Brayan Alberto Chiluita Dávila**

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

Yo, Brayan Alberto Chiluitza Dávila, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo 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, 20 de enero de 2020



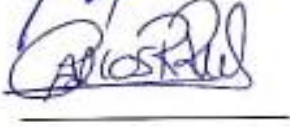


Brayan Alberto Chiluitza Dávila

CI: 060411548-5

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

El Tribunal de Trabajo de titulación experimental certifica que: El trabajo de investigación: “EVALUACIÓN DE LOS HUMEDALES DEL SISTEMA LACUSTRE EN LA LAGUNA LA MAGDALENA-ATILLO DEL PARQUE NACIONAL SANGAY COMO SUMIDERO DE CARBONO”, de responsabilidad del señor Brayan Alberto Chiluita Dávila, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Titulación, quedando autorizada su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Andrés Beltrán Dávalos MSc. DIRECTOR DE TESIS	 _____	<u>2019-12-16</u>
Dr. Fausto Yaulema Garcés MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 _____	<u>2019-12-16</u>
Ing. Carlos Rosero Erazo PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	<u>2019-12-16</u>

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mis padres Wilson y Patricia, ejes muy importantes en mi formación quienes me han brindado su apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida sin ningún reproche y motivándome a crecer cada día más, llevándome con su esfuerzo a donde estoy hoy en día.

A mi hija Brianna, el motor que me proporciona fuerza cada día para no decaer y seguir progresando, mi muñeca hermosa porque con tu alegría y locuras llenaste mi vida de felicidad, todo será por ti.

A mi esposa Rudy, por siempre estar presente en todo momento, en cualquier adversidad y momentos de felicidad, persona especial que me resguarda en cada día de mi vida.

A mis hermanos, David y Matheo, amigos incondicionales que con su presencia he tenido un respaldo y un respiro de ánimo para continuar siempre para adelante, personas que las guardo siempre en mi corazón.

A todos mis amigos que de alguna manera participaron en mi crecimiento, por compartir conmigo buenos y malos momentos que a la larga quedaran en nuestras memorias como gratos recuerdos para sonreír.

Brayan

AGRADECIMIENTO

El enorme agradecimiento a DIOS, por guiarme siempre por un buen camino y permitirme con su bendición y protección concluir esta etapa de mi vida.

A mis padres y toda mi familia, por el apoyo incondicional que siempre me han brindado, por estar pendientes siempre y encaminarme con buenos valores para ser una persona de bien, por ser los principales gestores de cada éxito de mi vida.

Retribuir como no, de manera muy grande a los ingenieros Andrés Beltrán y Carlos Rosero, más que docentes, amigos que me extendieron su mano y aportaron extensamente para que este trabajo se pueda plasmar de una correcta manera, mil gracias.

Agradecer a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo particularmente a la Facultad de Ciencias y a todos sus docentes por la oportuna formación profesional que me han brindado a lo largo de mi carrera.

Brayan

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	xv
SUMMARY.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO 1

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	5
1.1. Antecedentes de la investigación.....	5
1.2. Efecto invernadero y cambio climático.....	5
1.2.1. <i>Efecto invernadero</i>	5
1.2.1.1. <i>Gases del efecto invernadero</i>	6
1.2.2. <i>Cambio climático</i>	7
1.3. Carbono.....	7
1.3.1. <i>Ciclo de Carbono</i>	7
1.3.1.1. <i>El papel de los suelos en el ciclo del carbono</i>	8
1.3.1.2. <i>Macronutrientes</i>	9
1.4. Captación del carbono	10
1.4.1. <i>Estimación de la captura unitaria de carbono</i>	10
1.4.2. <i>Efectos de la captura de carbono</i>	11
1.4.2.1. <i>Efectos Positivos</i>	11
1.4.2.2. <i>Efectos Negativos</i>	11
1.5. Sumideros de carbono	12
1.5.1. <i>Importancia de los sumideros de carbono</i>	12
1.5.2. <i>Humedales</i>	12
1.5.2.1. <i>Clasificación de los humedales</i>	13
1.5.2.2. <i>Importancia de los humedales</i>	14

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	15
2.1.	Características de la zona de estudio	15
2.2.	Identificación del área de estudio	16
2.3.	Muestreo	17
2.3.1.	<i>Extracción de muestras</i>	17
2.3.2.	<i>Muestra representativa en el suelo</i>	18
2.3.3.	<i>Zonificación de las áreas de muestreo</i>	18
2.3.3.1.	<i>Método de toma de muestra de suelo:</i>	18
2.3.4.	<i>Colecta de la muestra.</i>	18
2.3.5.	<i>Envasado e identificación de la muestra</i>	19
2.3.6.	<i>Conservación de la muestra y almacenamiento</i>	19
2.4.	Metodología para el análisis físico-químico del suelo	19
2.4.1.	<i>Ensayo de humedad</i>	19
2.4.1.1.	<i>Procedimiento</i>	19
2.4.1.2.	<i>Determinación de humedad por medio del método gravimétrico.</i>	20
2.4.1.3.	<i>Ensayo de densidad aparente.</i>	21
2.4.1.4.	<i>Determinación de la Densidad Aparente con parafina</i>	21
2.5.	Ensayo de pH.	21
2.5.1.	<i>Determinación de pH y conductividad eléctrica mediante medidores de pH y CE</i> ..	22
2.6.	Ensayo de conductividad eléctrica	22
2.6.1.	<i>Procedimiento</i>	23
2.7.	Ensayo de color	24
2.7.1.1.	<i>Interpretación:</i>	24
2.8.	Ensayo de textura	26
2.9.	Ensayo de materia orgánica	27
2.9.1.1.	<i>Procedimiento:</i>	28
2.10.	Determinación de carbono orgánico	29
2.11.	Determinación de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre	30

CAPITULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
3.1.	Identificación del área de estudio	31
3.2	Determinación de la variabilidad de concentraciones de materia orgánica.....	32
3.3.	Evaluación de los nutrientes determinantes en la concentración de carbono orgánico.....	34
3.4.	Descripción de las características físico-químicas del suelo	37
	CONCLUSIONES.....	50
	RECOMENDACIONES.....	51
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Carbono Unitario.....	10
Tabla 2-1:	Clasificación de los humedales.....	13
Tabla 1-2:	Índices de pH.....	21
Tabla 3-2:	Rangos de interpretación de la conductividad eléctrica.....	23
Tabla 4-2:	Interpretación de porcentaje de materia orgánica.....	27
Tabla 5-2:	Interpretación de contenido de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre.....	30
Tabla 1-3:	Coordenadas geográficas de la Laguna la Magdalena.....	31
Tabla 2-3:	Relación entre nutrientes del humedal fluvial.....	34
Tabla 3-3:	Matriz de correlación entre nutrientes en el humedal palustre.....	35
Tabla 4-3:	Matriz de correlación entre nutrientes en humedal lacustre.....	36
Tabla 5-3:	Textura del suelo de los humedales fluvial, palustre y lacustre.....	41

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Principales gases de efecto invernadero.....	6
Figura 2-1:	Ciclo del carbono.....	8
Figura 3-1:	Ciclo del carbono en humedales.....	13
Figura 1-2:	Textura del suelo.....	26
Figura 1-3:	Mapa de ubicación de los puntos de muestreo.....	32

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Determinación de la variabilidad de concentraciones de materia orgánica.....	33
Gráfico 2-3:	Carbono orgánico total de los humedales fluvial, palustre y lacustre.....	33
Gráfico 3-3:	Valores promedio porcentaje de humedad en humedal fluvial.....	37
Gráfico 4-3:	Valores de densidad aparente en los humedales fluvial, palustre y lacustre.....	38
Gráfico 5-3:	Valores promedio pH en los humedales fluvial, palustre y lacustre.....	39
Gráfico 6-3:	Valores Promedio de CE en los Humedales fluvial, palustre y lacustre.....	40
Gráfico 7-3:	Textura del suelo en los humedales fluviales.....	41
Gráfico 8-3:	Textura del suelo en los humedales palustres.....	42
Gráfico 9-3:	Textura del suelo en los humedales lacustres.....	42

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-2: Diferencia de humedad.....	16
Ecuación 2-2: Factor de error.....	20
Ecuación 3-2: Diferencia de pesos.....	20
Ecuación 4-2: Densidad de la fase sólida.....	21
Ecuación 5-2: Porcentaje de materia orgánica.....	29
Ecuación 6-2: Porcentaje de carbono orgánico.....	30
Ecuación 7-2: Carbono en suelo.....	30

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A** UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO
- ANEXO B** MAPA DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO
- ANEXO C** CONTENIDO DE HUMEDAD (%). TIPO DE HUMEDAL: FLUVIAL, PALUSTRE Y LACUSTRE.
- ANEXO D** DENSIDAD APARENTE [G/ML.] TIPO DE HUMEDAL: FLUVIAL, PALUSTRE Y LACUSTRE.
- ANEXO E** PH. TIPO DE HUMEDAL: FLUVIAL, PALUSTRE Y LACUSTRE.
- ANEXO F** CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA [DS/M]. TIPO DE HUMEDAL: FLUVIAL, PALUSTRE Y LACUSTRE
- ANEXO G** COLOR (CODIFICACIÓN MUNSELL). TIPO DE HUMEDAL: FLUVIAL, PALUSTRE Y LACUSTRE.
- ANEXO H** TEXTURA DEL SUELO TIPO DE HUMEDAL: FLUVIAL, PALUSTRE Y LACUSTRE.
- ANEXO I** CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA (%) TIPO DE HUMEDAL: FLUVIAL, PALUSTRE Y LACUSTRE.
- ANEXO J** CONTENIDO DE CARBONO ORGÁNICO (%) Y CARBONO ORGÁNICO TOTAL (TON C/HA). TIPO DE HUMEDAL: FLUVIAL, PALUSTRE Y LACUSTRE.
- ANEXO K** CONTENIDO DE NUTRIENTES ESENCIALES. TIPO DE HUMEDAL: FLUVIAL, PALUSTRE Y LACUSTRE.
- ANEXO L** CONTENIDO DE AZUFRE TIPO DE HUMEDAL: FLUVIAL, PALUSTRE Y LACUSTRE
- ANEXO M** TABLAS DE INTERPRETACIÓN DE DATOS
- ANEXO N** RECONOCIMIENTO DE LA ZONA Y MUESTREO
- ANEXO O** ANÁLISIS DE LABORATORIO
- ANEXO P** INFORME DE ANÁLISIS DEL SUELO. AGROCALIDAD

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar las concentraciones de carbono orgánico y evaluar los nutrientes determinantes que influyen en su concentración, buscando aportar datos que contribuyan al conocimiento de ecosistemas de páramo, particularmente los humedales fluvial, palustre y lacustre del sistema lacustre de la Laguna La Magdalena - Atillo del Parque Nacional Sangay, esto se desarrolló mediante puntos de muestreo previamente estudiados y establecidos. Posterior al muestreo, se efectuaron análisis de laboratorio estandarizados de los parámetros físico-químicos del suelo como porcentaje de humedad (Fluvial: 56,77%, Palustre: 58,38%, Lacustre: 45,00%), densidad aparente (Fluvial: 1,49 g/ml, Palustre: 1,18 g/ml, Lacustre: 1,08 g/ml), pH (Fluvial: 5,15; Palustre: 5,61; Lacustre: 5,23), conductividad eléctrica (Fluvial: 0,0248 dS/m; Palustre: 0,0295 dS/m; Lacustre: 0,0579 dS/m), textura (corresponde a suelos francos por homogeneidad de arcillas, limos y arenas), materia orgánica (Fluvial: 14,56%, Palustre: 12,03%, Lacustre: 14,56%), y de parámetros químicos como nitrógeno (Fluvial: 0,73%, Palustre: 0,60%, Lacustre: 0,86%), fósforo (Fluvial: 5,39 mg/kg, Palustre: 4,04 mg/kg, Lacustre: 6,15 mg/kg), potasio (Fluvial: 0,17 cmol/kg, Palustre: 0,09 cmol/kg, Lacustre: 0,35 cmol/kg) y azufre (Fluvial: 25,05 mg/kg, Palustre: 30,38 mg/kg, Lacustre: 163,38 mg/kg). Se obtuvo resultados de los parámetros analizados mismos que están descritos anteriormente para cada uno de los humedales. Por su parte el humedal que posee una capacidad de almacenamiento mayor de carbono orgánico total es el humedal fluvial con 734,74 ton C ha⁻¹ y el nutriente determinante en la concentración de carbono orgánico en los tres tipos de humedales fue el nitrógeno debido a la alta correlación existente entre ambos. Realizada la investigación, en este sentido, es necesario incrementar y llevar a cabo más estudios que faciliten de información sobre los contenidos y la valiosa aportación de estos biomas al cambio climático.

Palabras clave: <BIOTECNOLOGÍA>, <CALIDAD DE SUELO>, <CARBONO ORGÁNICO>; <PÁRAMO ALTO ANDINO>; <SISTEMA LACUSTRE >; <HUMEDALES>; <NUTRIENTES>; < CAMBIO CLIMÁTICO >



SUMMARY

The present investigation was carried out with the objective of evaluating the concentrations of organic carbon and evaluating the determining nutrients that influence its concentration, seeking to contribute data that support to the knowledge of moorland ecosystems, particularly the river, marsh and lake wetlands of the lacustrine system of La Magdalena Lagoon - Atillo of Sangay National Park, this was developed through previously studied and established sampling points. After sampling, standardized laboratory analyzes of the physical-chemical parameters of the soil were carried out as percentages of humidity (River: 56.77%; Marsh: 58.38%; Lake: 45.00%), apparent density (River: 1.49 g/ml; Marsh: 1.18 g/ml; Lacustrine: 1.08 g/ml), pH (Fluvial: 5.15; Marsh: 5.61; Lacustrine: 5.23), electrical conductivity (Fluvial: 0.0248 dS/m; Marsh 0.0285 dS/m; Lacustrine: 0.0579 dS/m), texture (corresponds to loam soils by homogeneity of clays, silt and sand), organic matter (River: 14.56%, Marsh: 12.03%, Lacustrine: 14.56%) and chemical parameters such as nitrogen (Fluvial: 0.73%, Marsh: 0.60%, Lacustrine: 0.86%), phosphorus (Fluvial: 5.39 mg/kg, Marsh: 4.04 mg/kg, Lacustrine: 6.15 mg/kg), Potassium (Fluvial: 0.17 cmol/kg, Marsh: 0.09 cmol/kg, Lacustrine: 0.35 cmol/kg) and sulfur (Fluvial: 25.05 mg/kg, Marsh: 30.38 mg/kg, Lacustrine: 163.38 mg/kg). Results of the same analyzed parameters were obtained as described above for each of the wetlands. For its part, the wetland that has a greater storage capacity of total organic carbon is the river wetland with 734.74 ton C ha⁻¹ and the determining nutrient in the concentration of organic carbon in the three types of wetlands was nitrogen due to the high correlation between them both. Once the research has been developed, it is necessary to increase and carry out more studies that provide information on the contents and the valuable contribution of these biomes to climate change.

Keywords: <BIOTECHNOLOGY>, <SOIL QUALITY>, <ORGANIC CARBON>, <HIGH ANDEAN MOORLAND>, <LACUSTRINE SYSTEM>, <WETLANDS>, <NUTRIENTS>, <CLIMATE CHANGE>.



INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La creciente preocupación sobre los efectos potencialmente desastrosos del calentamiento global en varias regiones del mundo se está enfrentando con la incapacidad de muchos países de reducir sus emisiones netas de gases de invernadero en la medida y en la extensión requeridas por el Protocolo de Kioto. Desde la época preindustrial, las emisiones invernadero han aumentado considerablemente, habiéndose observado un incremento del 70% entre los años 1970 y 2004, Si analizamos las emisiones de dióxido de carbono generadas por el hombre en los últimos 100 años (duración de la efectividad del dióxido de carbono) es muy claro que los principales causantes son los países industrializados. De hecho, casi el 60% de las emisiones son generadas en Europa y en los Estados Unidos, mientras que la totalidad de los países en vías de desarrollo son responsables del 21% (Granja, 2015).

El cambio climático global se atribuye generalmente a la concentración en la atmósfera de los llamados “gases de efecto invernadero” (GEI). Se estima que el incremento de dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄) y ozono (O₃) en la atmósfera producirá un aumento en la temperatura media global entre 3 y 5°C, y afectará fuertemente los patrones de precipitación actuales (IPCC, 2007). Debido a su abundancia, el dióxido de carbono (CO₂) es el gas de efecto invernadero más importante producido por las actividades humanas. En los últimos 150 años, el nivel de concentraciones ha tenido un aumento significativo de dióxido de carbono pasando de 280 ppm en la época pre-industrial a 379 en 2005; cerca de un 20% de las emisiones de este gas resultan de la eliminación y degradación y transformación de los ecosistemas como los bosques (Granja, 2015).

Se estima que los páramos ocupan el 5% del territorio nacional y que está presente en 18 de las 24 provincias. Ecuador es el país que más páramos tiene en relación a su extensión total (León-Yáñez, 2000). Debido a que los suelos de los páramos contienen los depósitos más grandes de carbono orgánico terrestre en la forma de materia orgánica del suelo (MOS), estos son fuentes o sumideros de carbono (Tonneijck, 2009). Y los sistemas lacustres presentes en este tipo de ambientes poseen una gran cantidad de servicios ambientales: funcionan como reguladores de recursos hídricos, son el hábitat de innumerables formas de vida y contribuyen a la mitigación de los efectos del cambio climático a través de la captación, fijación y almacenamiento de carbono en la vegetación y los suelos. (Gallardo y Merino, 2007).

La conservación de los sistemas lacustres alto andinos de las áreas protegidas conllevan a una problemática digna de investigación, debido inicialmente a la intervención que están sufriendo estas áreas y al desplazamiento de los mismos por las actividades humanas, además coexiste un escaso conocimiento de las concentraciones existentes de carbono orgánico presente en estos ambientes lo cual ha generado que no se le brinde la importancia adecuada para su preservación.

El cambio climático al ser un tema recurrente de discusión en los últimos años, toma un alto grado significativo ambientalmente hablando por los cambios alarmantes y por la necesidad de buscar explicaciones a los mismos y para dar un aporte a una posible minimización de daño ambiental.

Con la investigación, al obtener datos suficientes se pretende demostrar el beneficio socio ambiental que pueden proveer los sistemas lacustres, asimismo se convertiría en un potencial Bono de Carbono en el caso de ser evidenciado el trabajo que daría un aporte económico con una buena labor de financiamiento. En este sentido, es necesario incrementar y llevar a cabo estudios más detallados sobre los contenidos y el valioso aporte de estos biomas.

JUSTIFICACIÓN

Debido a cambios climáticos y al incremento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera que ha venido en alza desde la revolución industrial ha surgido la necesidad de buscar alternativas que combatan los efectos del calentamiento global que vuelven más vulnerable al planeta. Desde hace varios años, se discute la importancia de los páramos, por su endemismo, paisaje, regulación hídrica, entre otros servicios ecosistémicos (Granja, 2015).

La medición y el monitoreo de carbono en ecosistemas de alta montaña se ha tornado un importante tópico de investigación en los años recientes, como resultado del cambio climático. Particularmente, es importante su cuantificación para disponer de datos empíricos en las negociaciones para reducir las emisiones de gases efecto invernadero asociadas a deforestación y degradación forestal. Así mismo, los registros de carbono en páramo contribuyen a conocer y mejorar la cuantificación de sumideros y flujos de carbono en estos entornos (Castañeda, 2017). Existen pocos registros sobre el contenido de Carbono Orgánico (COT) en páramos del Ecuador, no obstante se pretende dar a conocer las ventajas de preservar los páramos y la importancia que tiene este ecosistema sensible en la captación de CO₂, (Cunalata et al. 2013). Al mismo tiempo cabe mencionar que la cantidad de COT almacenado en el suelo depende de factores edafológicos a largo plazo, y el uso de la tierra (Henry et al., 2012). A pesar de que el conocimiento de la dinámica de carbono en los ecosistemas altoandinos es aún limitado, los pocos estudios realizados estiman que el páramo tiene reservorios importantes de carbono, que pueden contribuir a la mitigación de los gases de efecto invernadero (Granja 2015).

No obstante, se espera a partir de esta investigación al obtener fundamentos suficientes se pueda demostrar que disponer de una síntesis del carbono almacenado en los sistemas lacustres del páramo podría contribuir a destacar la función de este ecosistema en la política internacional de cambio climático, por lo que puede ayudar a fundamentar la adopción de incentivos económicos para apoyar un mejor manejo de los recursos naturales en estos ecosistemas (Castañeda, 2017).

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar las concentraciones de Carbono Orgánico en los humedales ribereño, lacustre y palustre de la Laguna La Magdalena - Atillo del Parque Nacional Sangay.

Objetivos Específicos

Identificar el área de estudio apropiada para realizar el muestreo de materia orgánica a distintas profundidades en los humedales ribereño, lacustre y palustre del sistema lacustre de la Laguna La Magdalena - Atillo del Parque Nacional Sangay.

Determinar la variabilidad de concentraciones de materia orgánica en los humedales ribereño, lacustre y palustre del sistema lacustre de la Laguna La Magdalena - Atillo del Parque Nacional Sangay.

Evaluar los nutrientes determinantes en la concentración de carbono orgánico en los humedales ribereño, lacustre y palustre del sistema lacustre de la Laguna La Magdalena - Atillo del Parque Nacional Sangay.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes de la investigación

Desde la revolución industrial, la temperatura del planeta ha ido en aumento, debido a las emisiones generadas por el sector productivo mismas que han incrementado las concentraciones de dióxido de carbono, monóxido de carbono y otros gases trayendo como consecuencia un aumento en la temperatura del planeta por la capacidad de retención de estos gases. (Granda, 2005, p.13)

La lucha contra el cambio climático busca implementar acciones globales que tomen relevancia a nivel local y nacional con el fomento de herramientas como la forestación y el uso de los sumideros de carbono, siendo éstos, una herramienta decisiva para mitigar y controlar los efectos que provocan los gases de efecto invernadero. (Federación Española de Municipios y Provincias, 2011, p.5)

En los últimos años, el valor de los humedales a nivel mundial ha ido incrementado, debido a las funciones que cumplen y pueden ser utilizadas en beneficio de la población evitando el gasto de diseño e implementación de plantas, pues, estos ecosistemas permiten el restablecimiento de las funciones biológicas e hidrológicas de la naturaleza. (Pnuma, 2000, p.2)

1.2. Efecto invernadero y cambio climático

1.2.1. *Efecto invernadero*

Es un fenómeno natural en el que la Tierra mantiene el calor debido a los gases presentes en la atmósfera, algunos de estos gases permiten que la radiación solar se filtre e ingrese a la superficie terrestre y evita que el calor se disipe en el espacio, proceso por el cual el planeta mantenga una temperatura que permita el correcto desarrollo de la vida. (Ortega, 2011)

Algunos científicos durante 1896, definieron al efecto invernadero como un proceso de calentamiento natural de la Tierra que es el resultado del atrapamiento de la energía emitida por los gases que forman parte de la atmósfera, alrededor del 70% de la energía solar ingresa a la superficie terrestre mientras que el 30% restante retorna al espacio. (NRDC, 2017)

El efecto invernadero está influenciado por el aumento de los gases de efecto invernadero producidos por las actividades antropogénicas, desde la época industrial, ha existido un aumento en las concentraciones de CO₂ de aproximadamente el 35%, el aumento del uso de combustibles fósiles es una de las causas principales del incremento de la concentración de los gases. (Federación Española de Municipios y Provincias, 2011, p.11)

1.2.1.1. Gases del efecto invernadero

El incremento en los gases de efecto invernadero ha incrementado desde la Revolución Industrial, se estima que el aumento en la concentración de CO₂ es del 40%, CH₄ el 150% y los óxidos de nitrógeno han aumentado en un 20%, no se han establecido un porcentaje en el incremento de los clorofluorocarbonos. (NRDC, 2019)

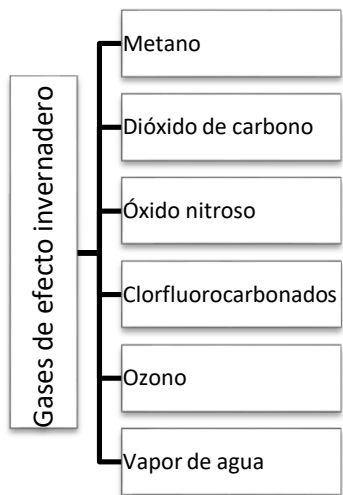


Figura 1-1: Principales Gases de efecto invernadero

Fuente: Federación de Enseñanza de Andalucía, 1961

El gas de efecto invernadero más abundante liberado por las actividades humanas y uno de los más duraderos, desde 1750 hasta 2010, aproximadamente la mitad se generó solo en los últimos 40 años, en gran parte debido a combustión de combustibles fósiles y procesos industriales. Y si bien las emisiones globales de gases de efecto invernadero ocasionalmente se han estancado o disminuido

de año en año, se están acelerando una vez más. En 2017, las emisiones de carbono aumentaron un 1,6%; en 2018 aumentaron en un 2.7 por ciento estimado. (NRDC, 2019)

1.2.2. *Cambio climático*

Durante las últimas décadas, los efectos de las actividades antropogénicas han incrementado de manera incesante, por lo que la temperatura de la superficie terrestre ha ido aumentando progresivamente y el deshielo de glaciares ha sido evidente. Según la convención de la ONU sobre el cambio climático, se define como el cambio drástico del clima atribuido por la actividad antropogénica, misma que altera la composición de la atmósfera, suelo y agua, y provoca variabilidad en el comportamiento del clima global. (Cepssa 2015, p. 3)

1.3. *Carbono*

El carbono es un elemento químico que forma parte del agua, la atmósfera, suelo y los seres vivos. En el planeta dinámico, el carbono puede moverse de uno de estos reinos a otro como parte del ciclo del carbono.

1.3.1. *Ciclo de Carbono*

El ciclo de carbono es un proceso en el que el carbono es convertido en diferentes productos, es decir, es el ciclo que atraviesan los átomos de carbono a diferentes tiempos y compuestos y éstos a su vez pueden ser reutilizados o reciclados entre los organismos vivos y el ambiente. (BBC, 2018)

Este ciclo describe los intercambios entre la atmósfera y la biosfera, así como los cambios causados por las actividades antropogénicas: compuestos nitrogenados, aumento del dióxido de carbono en la atmósfera y el calentamiento global, estos cambios inducen al aumento en la vegetación y por tanto en el almacenamiento de carbono en sumideros como árboles y suelos. (Saugier y Pontailier, 2006, p.71)



Figura 2-1: Ciclo del carbono

Fuente: Rintoul et al. 2017. Ciclo del carbono

El ciclo del carbono inicia con la fijación del CO_2 presente en la atmósfera mediante la fotosíntesis realizada por plantas y microorganismos fotoautotróficos, en este proceso, el dióxido de carbono reacciona con el agua y forman carbohidratos y a su vez liberan oxígeno, los carbohidratos son consumidos como fuente de energía por las plantas y animales, a su vez existe la liberación de CO_2 . Finalmente, la materia orgánica es consumida por microorganismos del suelo que cumplen procesos de heterotrofia, como producto final se genera CO_2 que es devuelto a la atmósfera. (Orjuela, 2018, p.86)

1.3.1.1. El papel de los suelos en el ciclo del carbono

Los suelos en mayor o menor proporción ayudan a los esfuerzos por la mitigación del cambio climático, pues, al ser un ecosistema que se encarga de la regulación ecosistémica, desempeña un rol fundamental e insustituible en el ciclo del carbono del planeta.

El contenido de carbono en el suelo depende de las características que posee y la cantidad de carbono total de origen animal y vegetal que ingresa, como al carbono de salida que se encuentra reflejado por el metabolismo microbiano que es la principal fuente generadora de CO_2 ; de las características del suelo y de la influencia del clima sobre este sistema dependerá la cantidad de carbono orgánico presente. (Orjuela, 2018, pp.83-84)

1.3.1.2. *Macronutrientes*

- *Azufre*

Es un macronutriente importante en el desarrollo de las plantas y en las reacciones que ocurren dentro de las células, además es un componente esencial de las proteínas, por lo que la ausencia o deficiencia de éste provoca la inhibición en la síntesis de proteínas y como consecuencia no permite la fijación del nitrógeno y la fotosíntesis. (Sanzano 2019, p.1)

El azufre se encuentra en la materia orgánica, sin embargo en esta forma no puede ser asimilado por el suelo por lo que la materia orgánica debe pasar por un proceso de mineralización para que el azufre esté disponible, este proceso es realizado por los microorganismos presentes en el suelo y la materia orgánica y tiene una relación directa con la relación C/S, la temperatura y humedad. (SMART, 2017)

- *Nitrógeno*

El nitrógeno es un macronutriente esencial para la vida, está presente en todas las formas de vida y participa activamente en la síntesis de proteínas, actualmente es considerado un factor limitante en el crecimiento de las plantas, su aumento o deficiencia juegan un rol fundamental en la productividad de los ecosistemas. (Benimell et al. 2019, p.1)

La presencia del nitrógeno en el suelo, se debe a los procesos de fijación que realizan las células vegetales, este proceso permite que los organismos vivos incorporen el nitrógeno molecular en sus estructuras, la mayor cantidad de nitrógeno disponible, encontrado como nitratos en el suelo suele ser aprovechado por los microorganismos presentes para formar estructuras proteicas. (Benimell et al. 2019, pp.4-5)

- *Potasio*

Es un nutriente que corresponde a la solución del suelo, comúnmente se lo encuentra como ión K^+ , mismo que se encuentra en constante movimiento por la difusión de las partículas en el suelo. Se encuentra en equilibrio dinámico presente en arcillas o formando parte de la estructura edáfica. La

importancia de este macronutriente recae en la capacidad buffer que le otorga al suelo, sin embargo, esto depende de algunos factores, como humedad y temperatura. (Torres, 2016)

- Fósforo

Este elemento después del nitrógeno es uno de los más importantes, pues, limita el rendimiento de los cultivos e interviene en varios procesos fisiológicos de la célula, este macronutriente está presente en minerales primarios, arcillas, fosfatos ácidos y diácidos y se los encuentra como fósforo precipitado, es decir, sin disponibilidad para ser utilizado. (INTA, 2016)

1.4. Captación del carbono

Es la captura y almacenamiento del dióxido de carbono de la atmósfera por largos periodos de tiempo, los océanos, bosques, humedales y otros ambientes naturales tienen la capacidad de capturar carbono a través del ciclo biogeoquímico de éste, convirtiéndolo en biomasa o materia orgánica para los suelos. (Keenan y Williams, 2018, p.220)

Es conocido también como secuestro de carbono, consiste en la extracción del CO₂ de la atmósfera para su almacenamiento en un depósito o sumidero, que puede ser de microorganismos fotosintéticos, material vegetal, suelos o cuerpos de agua dulce o salada. El principal sumidero de carbono son los suelos ricos en material orgánico por su cantidad de nutrientes presentes, estructura y drenaje. (Enríquez y Cremona, 2017, p.11)

1.4.1. Estimación de la captura unitaria de carbono

Para estimar la captura de carbono, se debe considerar el carbono almacenada en los diferentes sumideros que pueden ser naturales o artificiales.

Tabla 1-1: Carbono unitario

ALMACENES DE CARBONO	SIGLAS	CONCEPTO
Carbono en vegetación	Cv	Carbono contenido en la vegetación tanto en la biomasa aérea como en raíces.
Carbono en descomposición	Cd	Carbono que se encuentra en la materia orgánica en proceso de descomposición.
Carbono en el suelo	Cs	Carbono contenido en las capas del suelo, donde se encuentra el material vegetal.
Carbono en productos	Cp	Productos forestales que se encuentran en los humedales

Fuente: Benjamín y Masera 2001, p.8. Captura de carbono ante el cambio climático

Realizado por: Bryan Chiluita, 2019

1.4.2. Efectos de la captura de carbono

La captura de carbono tendrá impactos directos sobre la calidad de los suelos, siendo éstos, positivos y negativos, especialmente afectan a la resiliencia y sostenibilidad de la agricultura del país.

1.4.2.1. Efectos Positivos

- La captura de carbono evita que se genere desertificación en los suelos, debido al incremento de la materia orgánica, misma que confiere estabilidad a la estructura del suelo, además, la materia orgánica trabaja como una barrera protectora contra los contaminantes.
- La calidad de agua mejora, por la disminución de la escorrentía, por lo que existe un bajo flujo de contaminantes.
- Mejora la calidad del suelo por la capacidad amortiguadora que confiere la materia orgánica. (Robet, 2002)

1.4.2.2. Efectos Negativos

- La calidad de aire se ve afectada debido a que la disminución de CO₂ está relacionada directamente con procesos de anaerobiosis, cuyos productos son el metano y óxidos nitrosos, gases considerados como contaminantes atmosféricos. (Robet, 2002)

1.5. Sumideros de carbono

Son ecosistemas que se encargan de reducir las emisiones de carbono que son generados por las actividades antropogénicas, siendo los bosques los responsables de acumular grandes porcentajes de carbono pues, se los atribuye cerca del 80% de retención del carbono presente en la atmósfera. (Carballo, 2015)

Estos ecosistemas son considerados como sumideros de carbono según observaciones que consideran el flujo de carbono entre la atmósfera y los ecosistemas terrestres, la correcta cuantificación de la capacidad del sumidero está basada en las diferentes formas del transporte de carbono (Keenan y Williams, 2018, p.222)

1.5.1. *Importancia de los sumideros de carbono*

En los últimos años la deforestación ha causado estragos en la circulación normal del carbono, pues, ha provocado que los bosques disminuyan su capacidad de almacenamiento de carbono y los ha convertido en fuentes de emisión. (Iberdrola, 2019)

- El 50% de las emisiones de dióxido de carbono antropogénico es absorbido por los bosques
- La capacidad de absorción de los humedales llega hasta 200 toneladas anuales
- Los humedales ácidos logran capturar 1/3 del carbono total de los suelos a nivel mundial.

1.5.2. *Humedales*

Los humedales constituyen el 6% del área terrestre del planeta, pero representan un papel fundamental en el ciclo de carbono debido a su productividad, (Roa y Brown, 2016, p. 118). Según la Convención Ramsar, (1971), define a los humedales como extensiones de turberas, marismas, pantanos, aguas naturales o antropogénicas, estancadas o corrientes, dulces o saladas que no sobrepasen los seis metros de profundidad. (Dugan 1992, p.5)

Son ecosistemas que tienen como componente principal al agua, en torno a la que se forman micro ecosistemas que varían entre secos e inundados y poseen una variedad genética en todos los niveles de organización. (Castellanos, 2006, p.1)

Los humedales se forman en lugares en los que la capa superficial que permite la absorción del agua se encuentra sobre o cerca de la superficie de la tierra, por lo que su grado de productividad es alto y representan gran importancia en la conservación integral de los recursos naturales. (Cea y Hidalgo 1971, p.4)

Estos ecosistemas se caracterizan por la permeabilidad de sus suelos, característica edáfica que permite el desarrollo de una vegetación rica en forma de almohadilla, y acumulación de material vegetal muerto, éstos son los efectos de una alta productividad y baja descomposición de la materia orgánica, lo que confiere la propiedad de acumulación de carbono, que, según Hernández (2010) “se realiza en la biomasa vegetal y en los suelos”. (Duárez et al. 2016, p.172)

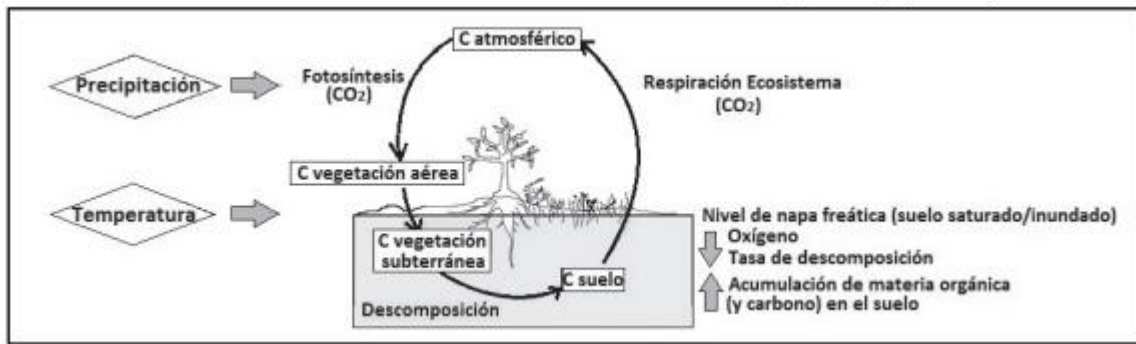


Figura 3-1: Ciclo del carbono en humedales

Fuente: Enríquez y Cremona, 2017. Humedales patagónicos como reservorios de carbono

1.5.2.1. Clasificación de los humedales

Tabla 2-1: Clasificación General de los humedales

DULCEACUÍCOLAS	NATURALES	FLUVIALES	Se los conoce también como rivereños, principalmente están conformado por ríos, arroyos y cascadas
		LACUSTRES	Formado por lagos y lagunas, tanto de carácter temporal como permanente
		PALUSTRES	Ecosistemas formados por manantiales, ojos de agua, bosques pantanosos y pantanos
	ARTIFICIALES	Toda estructura que sea utilizada como cuerpo de agua, embalses, represas y charcas.	
SALINOS	MARINO	Incluyen arrecifes de coral, playas rocosas y playas de arena y grava	
	ESTUARINO	Áreas formado por manglares, aguas estuarinas y pantanos lodosos	
	LACUSTRE-PALUSTRE	Lagunas y lagos costeros, salinos	

Fuente: Bolaño, Camargo y Vélez 2015, pp.3-4. Los ecosistemas humedales en Colombia.

Realizado por: Bryan Chiluiza, 2019

1.5.2.2. *Importancia de los humedales*

Los humedales son ecosistemas productivos y con gran diversidad biológica que favorecen al correcto funcionamiento de los ecosistemas, la preservación de estos ecosistemas garantiza la protección y restauración de los recursos hídricos así como la mitigación de efectos de los gases de efecto invernadero. (Ministerio del Ambiente, 2015)

La capacidad de adaptación de los humedales para adaptarse a condiciones climáticas dinámicas e índices de cambios veloces son cruciales para los seres humanos y la diversidad vegetal con el acelerado impacto del cambio climático, debido a los servicios que los humedales ofrecen a la población. (Pnuma, 2000, p.1)

Entre las principales ventajas que ofrecen los humedales se encuentran.

- Recarga de acuíferos.
- Retención de sustancias tóxicas
- Retención de nutrientes
- Control de la erosión
- Estabilización de microclima
- Exportación de biomasa

Fuente de alimento y energía. (Dugan 1992, pp.20-30)

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Características de la zona de estudio

La Laguna La Magdalena se encuentra en Atillo dentro de lo que conforma el Parque Nacional Sangay, impresionante sistema lacustre localizado en la provincia de Chimborazo, cantón Guamote parroquia Cebadas, a una distancia aproximada de 74 km de Riobamba, con una altitud aproximada de 3466 m.s.n.m. con una Latitud: -2.2 y Longitud: -78.5166667. Su acceso desde Riobamba por la vía Riobamba- Macas, atravesando las parroquias: San Luis, Punín, Flores, Cebadas sobre una carretera asfaltada de primer orden, el trayecto toma aproximadamente 2 horas. (Gobierno Autónomo Descentralizado de Guamote, 2014 -2019).

Limita al norte con la influencia de los ríos Atillo y Ozogoché; al sur con la Laguna Negra y el poblado de Ucsa Urco; al este con las comunidades de Topanacún, Minas y Shililí y al oeste con el río Ozogoché. (Bastidas, 2002).

Posee ecosistemas de páramo con un entorno dominado por montañas, formado por varias lagunas de diferente tamaño. Se encuentra rodeadas de picos y riscos, extensas áreas de pajonales con riachuelos y caídas de agua, facilitando el desarrollo de las actividades eco turísticas y piscícolas. Sumado a este marco de belleza inverosímil se suman las especies de flora y fauna que habitan la zona conformando un auténtico edén para los sentidos. (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2015)

Atillo se caracteriza por tener dos estaciones climáticas, la de lluvias y la seca. La primera empieza en mayo y termina en septiembre, mientras que la segunda va de octubre hasta abril. De junio a septiembre es temporada de vientos fuertes en el páramo, mientras que entre octubre y diciembre caen con frecuencia heladas y granizadas que afectan las parcelas agrícolas que en esta época del año se encuentran en la fase inicial de su desarrollo. Debido a que es una zona alta la agricultura en Atillo es prácticamente inexistente en la actualidad, pero hay mucho interés por ampliarla. El valle en que se sitúa Atillo, está rodeado por cerros altos de pendientes pronunciadas. A pesar de ser una zona en general bastante alta ubicada enteramente en el páramo, la comunidad es en realidad un

territorio diverso en donde la gente distingue características diferentes en la zona más alta y relativamente más baja. Los comuneros de Atillo describen sus suelos como color negro y textura arcillosa. (Bastidas, 2002).

La comunidad de Atillo posee una cadena de lagunas (Negra, Cuyug, Colay, Talalag, Chapanapungo, entre otras) que dan origen a interesantes mitos y leyendas del agua. De una de estas Lagunas (Colay) nace el río Atillo, afluente del río Chambo. La cuenca del río Atillo es muy importante, porque de ella dependen para la irrigación de sus cultivos por medio de canales de riego, las zonas de Pantus y Guano ubicadas en la zona más abajo de Atillo. Sus aguas sirven además para alimentar la represa del Agoyan. Los habitantes de las tierras bajas saben que el agua viene de la zona alta, pero no son concientes del origen exacto y menos aún conocen respecto a los problemas que está teniendo la zona alta y la amenaza a su abastecimiento de agua. Incluso las autoridades responsables de la represa de Agoyan que uno esperaría que tengan una noción de manejo o al menos interés en la cuenca no conocen los páramos de Atillo. (Bastidas, 2002).

La vegetación está compuesta básicamente de pajonales en los que se encuentran diversas especies de plantas. Entre las más representativas están el pumamaqui, el yagual, el sacha capulí, el mortiño, la valeriana, la chuquiragua, achupalla, chica, sunfo, caballo chupa, calaguala, menta, tipillo, llantén taraxaco, berro, arquitecto y escorzonera. Muchas especies, tanto herbáceas como arbustivas, son recolectadas por los habitantes de Atillo, en las zonas alrededor de sus casas, para utilizarlas como leña. Últimamente, a raíz del crecimiento poblacional, las necesidades de leña se han incrementado, lo cual ha llevado a la extracción de leña de los chaparros ubicados alrededor de la laguna y del Parque Nacional Sangay. (Bastidas, 2002).

En el sector de Atillo existen animales como tapir, jaguar, tigrillo, cervicabra, conejo, sacha cuy, venado y oso de anteojos; aves como curiquingue, pato, perdiz y gaviota andina. En los cursos de agua y ríos el pez predominante es la trucha. Hoy en día la comunidad de Atillo es más consciente de la importancia de cuidar esta fauna gracias al trabajo de educación ambiental que ha venido haciendo la Fundación Natura. Algunos años atrás la cacería era muy difundida en toda esta zona. (Bastidas, 2002).

2.2. Identificación del área de estudio

La metodología utilizada para dar cumplimiento a los objetivos propuestos, consistió en el desarrollo de tres etapas: reconocimiento y visualización de la zona de estudio, estratificación de

zonas húmedas (Palustre, Lacustre y Fluvial) mediante teledetección e identificación de puntos de muestreo aleatorio – estratificado. Para la etapa de identificación de puntos de muestreo se usó una imagen LANDSAT 8 sensor OLI al año 2018, posteriormente se utilizó técnicas de teledetección basado en la estimación de zonas húmedas por medio del Índice Normalizado de la Diferencia de Humedad (NDMI) representado por la siguiente formula

$$\text{NDMI} = \frac{(\text{NIR} - \text{SWIR})}{(\text{NIR} + \text{SWIR})}$$

(Ec:1-2)

Este índice se calcula como la diferencia normalizada entre el Infrarrojo cercano (NIR) y el infrarrojo medio (SWIR1, banda 6)

2.3. Muestreo

Las propiedades de los suelos se relacionan con la capacidad que estos poseen para diferenciarlos de acuerdo a los usos que puedan ser de beneficio para los seres humanos. De acuerdo a sus propiedades se puede determinar los parámetros de conservación, manejo y recuperación del suelo como recurso. La productividad de un suelo nos solo depende de sus contenidos en nutrientes, sino también de las propiedades química-físicas del mismo, de las condiciones que en ocasiones no se determinan (Flores, 2010).

2.3.1. Extracción de muestras

Procedimiento empleado para tomar o constituir una muestra. Todo plan de muestreo incluye un procedimiento de muestreo y los criterios que han de aplicarse al lote, un plan de muestreo adecuadamente diseñado. (FAO, 2019)

De acuerdo al valor tecnológico del análisis de suelo depende de la exactitud de cada una de las siguientes fases: toma de muestras, extracción y determinación de los nutrientes disponibles, interpretación de los resultados del análisis, recomendación y enmiendas.

2.3.2. *Muestra representativa en el suelo.*

La muestra de suelo se define como aquella cantidad de tierra compuesta por varias porciones de igual tamaño, obtenido de diversos puntos del área que se desea analizar. (Bernier, SF)

2.3.3. *Zonificación de las áreas de muestreo*

Las muestras de suelo a extraer de deben ser representativas en función del tipo de suelos y las características que se desea estudiar, se recomienda una superficie máxima de 10 hectáreas. (Chile, 2010)

2.3.3.1. *Método de toma de muestra de suelo:*

El objetivo esencial de un muestreo es elegir una muestra representativa del todo-1 para eso existen cuatro métodos más usados:

- *Muestreo al azar:* cada muestra o propiedad del suelo tiene la misma probabilidad de ser tomada.
- *Muestreo sistemático:* el muestreo debe ser sistematizado, es decir, a intervalos fijos, zona en laderas, bajo cada árbol o en cimas de montes, las posiciones de las muestras deben estar localizadas en un mapa.
- *Muestreo estratificado:* se emplea en áreas heterogéneas, las cuales están relativamente homogeneizadas por lo que cada división se denomina estrato. Se toma un número de muestras proporcional al área que representa el total.
- *Muestreo compuesto:* se mezcla las muestras tomadas en un área determinada para obtener una que represente el total, este tipo de muestreo se realiza cuando la media es más importante que la variabilidad y el número de muestras máximas es 25. (Andalucía, 2019)

2.3.4. *Colecta de la muestra.*

Se eliminó la cobertura vegetal, seguidamente en el barreno de muestreo se colocó una señalética que indicó la profundidad que se quiere llegar, en este estudio fueron cada 30cm hasta los 90 de profundidad. Se inserta el barreno con constantes movimientos circulares martillando con la ayuda

de un combo para introducirlo en el suelo, al llegar a la profundidad deseada se extrajo el barreno cuidadosamente y con la ayuda de un cuchillo o paleta y se colocó la muestra en una bolsa ziploc.

2.3.5. *Envasado e identificación de la muestra*

La muestra se envasó en una bolsa de plástico y se identificó con una rotulación que debe indicar al menos la siguiente información: número o código de la muestra, fecha de recolección, responsable y lugar de extracción. (Chile, 2010)

2.3.6. *Conservación de la muestra y almacenamiento*

Para la conservación de la muestra, se realizó el secado del material al aire libre con una temperatura ambiente no superior a los 35°C, el análisis se realizó durante las primeras 24 horas, luego de haber realizado la recolección del suelo. (Andalucía, 2019)

2.4. Metodología para el análisis físico-químico del suelo

Para el desarrollo y cumplimiento de los objetivos planteados en la presente investigación, la metodología que se utilizó de base y se aplicó, fue tomada del Manual de Metodologías para el Análisis de Suelo del Grupo de Investigación y Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático - GIDAC de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

2.4.1. *Ensayo de humedad*

La humedad es la masa de agua contenida por unidad de masa de sólidos del suelo, por otro lado, esta influye en muchas propiedades físicas, tales como la densidad aparente, espacio poroso, compactación, penetrabilidad, resistencia al corte, consistencia, succión total de agua y color del suelo (Flores y Alcalá, 2010:5).

2.4.1.1. *Procedimiento*

- Formar terrones de las muestras de suelo de una masa de entre 1 hasta 3 gramos.

- Registrar el peso del papel aluminio vacío.
- Tomar en cuenta el peso del terrón junto con el papel.
- Secar los terrones en la estufa a una temperatura de 105°C por un tiempo de 24 horas, para obtener el peso constante de la muestra, de acuerdo al tamaño de los terrones formados.
- Sacar las muestras y registrar el peso, se vuelve a ingresar al horno por más o menos 1 hora para determinar si existiese un factor de error, si al final de este tiempo el peso no varía entonces se toma el primer peso para proceder con los cálculos, si existe cambio se toma el nuevo peso seco para hacer los cálculos correspondientes. (Bowles, 2006)
- Los cálculos que se realizan:

$$w = \left(\frac{M_{\text{suelo húmedo}}}{M_{\text{suelo seco}}} - 1 \right) * 100$$

(Ec:2-2)

$$Pesoreal = Pesoseco - Pesopapel$$

(Ec:3-2)

2.4.1.2. *Determinación de humedad por medio del método gravimétrico.*

- Etiquetar los papeles donde se vayan a ubicar las muestras.
- Seleccionar los terrones del suelo de cada una de las muestras.
- Pesar en una balanza analítica cada uno de los terrones. Tomar nota del peso.
- Colocar los terrones pesados en una bandeja.
- Esperar un periodo de 24 horas.
- Llevar las bandejas al horno. Pesar en la balanza analítica los terrones que se extrajeron del horno una vez pasado el tiempo.
- Calcular la pérdida de humedad de las muestras con los datos obtenidos antes y después del secado. (Portalfruticola, 2018)

2.4.1.3. *Ensayo de densidad aparente*

La densidad de volumen o densidad aparente se define como el peso seco del suelo por unidad de volumen de suelo inalterado, tal cual se encuentra en su emplazamiento natural, incluyendo el espacio poroso (Pinot, 2000). La densidad de las partículas no proporciona información referente a los procesos físicos del suelo, pero es muy útil en el cálculo de propiedades del suelo como la porosidad y la distribución del tamaño de las partículas. (Flores & Alcalá, Manual de Procedimientos Analíticos, 2010)

La densidad de la fase sólida del suelo está definida como la masa total de los sólidos dividida por el volumen total de los mismos, así:

$$\rho_p = M_s/V.$$

(Ec: 4-2)

2.4.1.4. *Determinación de la Densidad Aparente con parafina*

- Pesar la muestra al aire y tomar una porción para determinar el contenido de la muestra.
- Cubrir con parafina y dejar secar.
- Tomar el peso al aire.
- Sumergir la muestra con parafina en agua y tomar el peso sumergido. (Rojas, 2012)

2.5. **Ensayo de pH.**

El potencial de hidrógeno es un parámetro que afecta la disponibilidad de nutrientes minerales para las plantas, así como a otros procesos que se desarrollan en el suelo, además de ser una propiedad química del suelo esta se define como el logaritmo en base 10 del número de litros de disolución que contiene un equivalente gramo de iones hidrógeno; es así que, si en el suelo existen más iones hidrógeno, el pH es ácido, mientras que si existen mayor cantidad de iones OH el pH será básico. Se tiene un pH neutro si la cantidad de iones H e iones OH se encuentran en la misma proporción. (Fernández, et al., 2006).

El pH permite determinar la acidez o alcalinidad del suelo. El pH medio controla las reacciones químicas de los nutrientes del suelo que pueden o no estar disponibles de acuerdo a su solubilidad

para su absorción. (Karlarian, 2011). El pH del suelo se determina en agua, en una relación 1: 2,5 suelo: agua de acuerdo a la metodología convencional. Los índices o categorías de pH según el INIAP se señalan a continuación.

Tabla 1-2: Índices de pH

PARÁMETRO	RANGO	INTERPRETACIÓN
pH	$\leq 5,5$	Ácido
	$>5,5 - 6,5$	Ligeramente ácido
	$>6,5 - 7,5$	Prácticamente neutro
	$>7,5 - 8,0$	Ligeramente alcalino
	$>8,0$	Alcalino

Fuente: INIAP.EESC.2002

Realizado por: Brayan Chiluzza. 2019

2.5.1. *Determinación de pH y conductividad eléctrica mediante medidores de pH y CE*

- Preparar una dilución de la muestra de suelo con agua destilada
- Pesar una cierta cantidad de suelo y añadir a un vaso.
- Medir en una probeta 40mL de agua destilada y aforar hasta que llegue 45mL.
- Agregar los 45 mL al vaso con la muestra y homogenizarla bien.
- Dejar reposar durante 5 min aproximadamente hasta que se sedimente.
- Llevar al pH metro para medir el pH. Repetir el proceso para las demás muestras. (Karlarian, 2011)

2.6. **Ensayo de conductividad eléctrica**

La conductividad eléctrica es una medida de la capacidad de un material para transportar la corriente eléctrica, el valor será más alto cuanto más fácil se mueva la corriente a través del mismo, es decir, a mayor conductividad eléctrica, mayor es la concentración de sales. (Agropecuaria & Tolima, n.d.).

La conductividad de una solución electrolítica depende de la concentración total de iones presentes en el agua, de la movilidad de cada uno de los iones disueltos, su valencia y de la temperatura a la que se hace la determinación. (García y Félix, 2014, p.25).

Las muestras de suelo para conductividad eléctrica (CE) son tomadas a una profundidad de 0 a 3 pulgadas (7.62cm). Muestras compuestas pueden ser recogidas, a lo largo del lote, y se pueden tomar dos submuestras para análisis.

De acuerdo con el INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, EC, 2000) las interpretaciones de la conductividad eléctrica en el suelo son las siguientes:

Tabla 3-2. Rangos de interpretación de Conductividad Eléctrica.

PARÁMETRO	RANGO	INTERPRETACIÓN
Conductividad Eléctrica	<2,0	No salino
	2,0- 3,0	Ligeramente salino
	3,1 – 4,0	Salino
	4,1 – 8,0	Muy salino

Fuente: INIAP.EESC.2002

Realizado por: Brayan Chiluiza, 2019

2.6.1. Procedimiento

- Pesar el vaso y tarar la balanza.
- Pesar con la ayuda de la espátula más o menos 20 g de muestra de suelo.
- Agregar de entre 40 y 50 mL de agua destilada.
- Con la ayuda de la varilla remover hasta que se haga una mezcla más o menos homogénea por 10 minutos.
- Dejar que se sedimente por 2 minutos.
- Lavar el electrodo del conductímetro con agua destilada
- Al momento de introducir el electrodo en el vaso donde está la muestra, inclinar el vaso puesto que partes vegetales u partes no sedimentables podrían interferir en la obtención del resultado final. (Flores, Manual de Procedimientos Analíticos, 2010)

2.7. Ensayo de color

El color del suelo es una propiedad física relacionada con la longitud de onda del espectro visible que el suelo refleja al recibir los rayos de luz. El color del suelo está determinado por la cantidad y estado de los minerales de hierro y/o manganeso, así como de la materia orgánica, además de la existencia de procesos de oxidación o reducción. El color del suelo afecta, indirectamente, la temperatura y la humedad, a través de su efecto sobre la energía radiante. Un suelo de color oscuro, bajo la misma cantidad de energía radiante, se secará más rápidamente que uno de color claro, debido a que el suelo oscuro absorberá mayor cantidad de energía radiante y, por tanto, tendrá mayor cantidad de energía calorífica disponible para un mayor grado de evaporación. Una cubierta vegetal o de residuos de cultivo, reducirá estos efectos. (Flores y Alcalá, 2010)

2.7.1. Proceso en seco:

- Después de haber secado y pulverizado las muestras de suelos.
- Tomar aproximadamente 1 centímetro cúbico.
- Colocar la muestra de suelo seca sobre una hoja blanca limpia y luego ponerla detrás de los círculos presentes en la tabla de Munsell.
- Comparar el color de los patrones hasta encontrar el que más se parezca.
- Anotar el color valiéndose de la nomenclatura de la tabla, tomando en cuenta matiz, el valor de los números localizados sobre la parte izquierda vertical como numerador, y el croma que se ubica en la parte inferior de la tabla como denominador.
- Anotar el equivalente de la clave observando el reverso de la hoja anterior identificada en la misma. (Portalfrutícola, 2016)

2.7.1.1. Interpretación:

- Estas cartas de color incluyen tres características y un nombre para cada color. Por ejemplo, la clave del color café rojizo podría ser 5YR 5/3. La primera característica, 5YR, corresponde al matiz o tinte (hue), el cual indica la relación del color con el rojo, amarillo, verde, azul o púrpura, y se asigna una carta para cada matiz. La segunda característica, 5/, se refiere al brillo o pureza (value) e indica la claridad del color; varía desde oscuro en la parte inferior de la carta hasta más claro en la parte superior. La tercera característica, 3, que expresa la intensidad o saturación (chroma), indica la fuerza del color o su desviación del gris, con una

misma claridad.

- **Color negro:** Este color ha sido asociado con condiciones de buena fertilidad, buena estructuración y rica actividad biológica, se asocia a la incorporación de materia orgánica que se descompone en humus que da la coloración negra al suelo, este color por lo general está asociado a la presencia de Carbonatos de Ca^{2+} o Mg^{2+} más materia orgánica altamente descompuesta y otros cationes (Na^+ , K^+).
- **Color rojo:** se asocia a procesos de alteración de los materiales parentales bajo condiciones de alta temperatura, baja actividad del agua, rápida incorporación de materia orgánica, alta liberación de Fe de las rocas; es indicativo de condiciones de alta meteorización, se asocia a niveles bajos de fertilidad del suelo, pH ácidos y ambientes donde predominan los procesos de oxidación.
- **Color amarillo a marrón amarillento claro:** por lo general es indicativo de meteorización bajo ambientes aeróbicos (oxidación), Se relaciona con condiciones de media a baja fertilidad del suelo. Se asocia con la presencia de Óxidos hidratados de Fe^{3+}
- **Color marrón:** este color está muy asociado a estados iniciales a intermedios de alteración del suelo; se relaciona con niveles medios a bajos de materia. En general se asocia con la ocurrencia de Materia orgánica ácida parcialmente descompuesta y combinaciones de óxidos de Fe más materiales orgánicos.
- **Color blanco o ausencia de color:** se debe fundamentalmente a la acumulación de ciertos minerales como calcita, dolomita y yeso, así como algunos silicatos y sales. También se asocia con la presencia de tierras alcalinas (CaCO_3 , MgCO_3) Sales altamente solubles (cloruros, nitratos de Na^+ y K^+)
- **Color gris:** puede ser indicativo del ambiente anaeróbico. Este ambiente ocurre cuando el suelo se satura con agua, siendo desplazado o agotado el oxígeno del espacio poroso del suelo. Bajo estas condiciones las bacterias anaeróbicas utilizan el Fe^{3+} presente en minerales como la goetita y la hematita como un aceptor de electrones en su metabolismo.
- **Color verde:** en algunos suelos con condiciones de mal drenaje se genera este color. También se asocia con la ocurrencia de Óxidos Fe^{2+} (incompletamente oxidados).

- **Color azulado:** en zonas costeras, deltaicas o pantanosas donde hay presencia del anión sulfato, y existen condiciones de reducción (saturación con agua y agotamiento del oxígeno) adicionalmente, esta coloración se asocia con la presencia de Óxidos hidratados de Al (Aloisita) y fosfatos ferrosos hidratados (Vivianita). (Gomez, 2013)

2.8. Ensayo de textura

El análisis de textura o granulométrico se define como un conjunto de operaciones útiles para determinar las proporciones cuantitativas de cada fracción granulométrica que presenta un suelo. (Ciancaglino, S.F).

El Diagrama textural de la USDA es una herramienta para obtener las clases texturales en función de los porcentajes de arena, limo y arcilla.

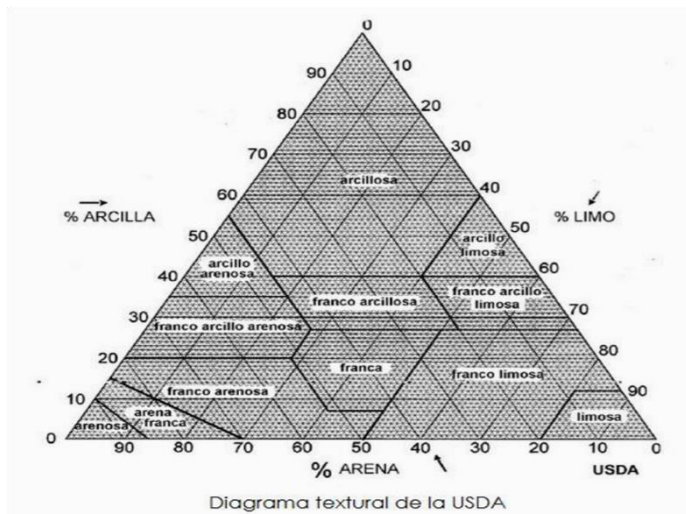


Figura 1-2: Textura del suelo

Fuente: USDA,1996. Diagrama Textural del Suelo.

2.8.1. Método del tamizado:

Una vez se tenga el suelo seco a temperatura ambiente y se pulverice, se hace pasar por una serie organizada de tamices de agujeros con tamaños decrecientes y conocidos, desde hacia arriba hacia abajo. El primer tamiz es el de mayor tamaño y es donde se inicia el proceso. Se sella durante el proceso con el objetivo de evitar pérdida de las partículas más finas, el último tamiz está abajo y se asienta sobre un recipiente de forma igual a uno de los tamices, y recibe el material más fino no retenido por ningún tamiz. Con sacudidas horizontales y golpes verticales, mecánicos o manuales se

hace pasar el suelo por la serie de tamices, de arriba abajo, para luego pesar por separado el suelo que se quede retenido en cada malla.

Entonces, de acuerdo a las partículas obtenidas se hace una comparación con los datos establecidos por la USDA para determinar la estructura del suelo, al mismo momento que se determina el color con la ayuda de la tabla de Munsell, la misma que de acuerdo a los parámetros que presenta permite determinar el tipo de estructura del suelo. (Rico, 2005)

El procedimiento que se realizó en nuestro laboratorio, sigue las siguientes especificaciones estandarizadas.

- Una vez secadas las muestras a temperatura ambiente sobre pedazos de papel Kraft, moler las muestras complementemente en el mortero con la ayuda de un pistilo.
- Poner la muestra pulverizada en el tamizador y mover para que las muestras vayan pasando por los diferentes tamices.
- Destapar el tamiz superior y si existen restos grandes de suelo molerlos un poco más para que puedan pasar.
- Separar en fundas las cantidades de suelo de los 5 tamices diferentes.
- Registrar el peso de las muestras extraídas.
- Devolver todas las muestras a la funda original de donde se extrajo la muestra. (Gisbert, Ibáñez, & Moreno, 2018)

2.9. Ensayo de materia orgánica

La materia orgánica almacena muchos nutrientes del suelo. También mejoran su estructura, sueltan suelos de arcilla, ayudan a prevenir la erosión y mejoran la capacidad de retención de nutrientes y agua de suelos arenosos o toscos. La cantidad de materia orgánica del suelo depende de la vegetación, el clima, la textura del suelo, el drenaje del mismo y de su laboreo. (Ronald, M., 2001).

Además, su presencia ubicua y su participación en casi todos los procesos del suelo constituye un factor determinante de la calidad y de la salud de los suelos. La MO juega un papel clave en la fertilidad de los suelos como fuente de nutrientes para las plantas y fuente de energía para los microorganismos, y a través de funciones de tipo biológico, químico y físico, derivadas de las muchas y variadas reacciones gobernadas o mediatizadas por la MOS. (Lal, 2004)

De acuerdo con el INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, EC, 2000) el contenido de materia orgánica en el suelo según su porcentaje está descrito en la siguiente tabla:

Tabla 4-2: Interpretación de Porcentaje (%) de Materia Orgánica.

PARÁMETRO	RANGO	INTERPRETACIÓN
Materia Orgánica (%)	<3,0	Bajo
	3,0 – 5,0	Medio
	>5,0	Alto

Fuente: INIAP.EESC.2002

Realizado por: Brayan Chiluiza. 2019

2.9.1. Método de Calcinación

El método de calcinación o pérdida por ignición, permite hacer la cuantificación directa del contenido de materia orgánica y se basa en el determinar la pérdida de peso de una muestra de suelo al ser sometida en elevadas temperaturas. De acuerdo a varios trabajos de investigación la temperatura de ignición a la que se someten las muestras de suelo puede variar desde los 250° a los 600°C en mufla, con variación en el período de tiempo desde 2 a 24 horas (Combs & M.V., 1998). De acuerdo a varios autores, dependiendo de la muestra, cuando se expone a elevadas temperaturas se puede exponer a la pérdida de dióxido de carbono

2.9.1.1. Procedimiento:

- En los crisoles medir una masa aproximada de 5g de muestra de suelo previamente tamizado.
- Colocar los crisoles en la estufa por tiempo máximo de 24 horas a una temperatura de máximo 600°C para eliminar la humedad.
- Para enfriar las muestras colocarlas en un desecador por media hora y volver a pesar.
- Volver a colocar las muestras en la mufla durante 2 horas a una temperatura de 360°C
- Realizar de nuevo el proceso y colocar en el desecador y registrar el peso nuevamente.
- Para determinar el porcentaje de contenido de materia orgánica y carbono orgánico: (Eyherabide, Saíenz, Barbieri, & Echeverría, 2014)

$$\%MO = \left(\frac{P3 - P4}{P3 - P1} \right) * 100 \text{ (Ec: 5-2)}$$

2.10. DETERMINACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO

El carbono orgánico del suelo (COS) es una pequeña parte del ciclo global del carbono, el cual implica el ciclo del carbono a través del suelo, la vegetación, el océano y la atmósfera (FAO, 2019)

2.10.1. Procedimiento

Para determinar el porcentaje de carbono orgánico se realizó un comparativo describiendo la correlación de la materia orgánica con el carbono mediante la siguiente ecuación: (Kass)

$$\text{➤ Porcentaje de Carbono orgánico} = \%CO = \frac{\%MO}{1,724}$$

(Ec: 6-2)

El carbono contenido en el suelo (en gr C/cm²) se calcula a partir de los valores de porcentaje de carbono, densidad aparente y volumen de la muestra (que es el resultado de multiplicar el área transversal de la muestra por la profundidad del muestreo), con la siguiente fórmula (Rosenzweig y Hillel).

Posteriormente, los resultados por cm² se extrapolan a valores por ha:

$$\text{➤ Carbono en suelo (ton C/ha)} = DA * FC * P * A (^3)$$

(Ec: 7-2)

Dónde:

P = Profundidad de muestreo en cm.

FC = Contenido de carbono (%)

DA = Densidad aparente (g/cm³)

A = Área (cm²) de la sección transversal de la muestra de suelo. (Amaguaya, 2015)

Con esta investigación conseguida y preliminarmente analizada y realizada las correcciones respectivas, tanto en el campo (coordenadas de los puntos de muestreo, propiedades físicas) como en el laboratorio (densidad aparente, humedad, conductividad eléctrica, materia orgánica, carbono orgánico total), posteriormente se efectuó la tabulación y procesamiento de la información.

2.11. Determinación de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre.

La determinación de los parámetros químicos como son: Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Azufre fueron enviados para su realización al Laboratorio de Ensayo de Suelos, Foliare y Aguas acreditado por el SAE de la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario - AGROCALIDAD en Tumbaco-Quito, cumpliendo los protocolos de conservación y almacenamiento de las muestras para obtener una óptima información de resultados de análisis.

Acorde a los lineamientos establecidos por el INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, EC, 2000) se puede interpretar los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre obtenidos en el suelo de la siguiente manera:

Tabla 5-2: Interpretación de contenido de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Azufre.

PARÁMETRO	RANGO	INTERPRETACIÓN
Nitrógeno (%)	<0,15	Bajo
	0,15 – 0,30	Medio
	>0,30	Alto
Fósforo (mg/kg)	<10,0	Bajo
	10,0 – 20,0	Medio
	>20,0	Alto
Potasio (cmol/kg)	<0,20	Bajo
	0,20 – 0,38	Medio
	>0,38	Alto
Azufre (mg/kg)	<12,0	Bajo
	12,0 – 24,0	Medio
	>24,0	Alto

Fuente: INIAP.EESC.2002

Realizado por: Brayan Chiluiza. 2019

CAPITULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Identificación del área de estudio




La georreferenciación es un proceso que permite determinar la posición de un elemento en un sistema de coordenadas espacial diferente al que se encuentra, se utiliza frecuentemente en los sistemas de información geográfica (SIG) para relacionar información vectorial e imágenes raster de las que se desconoce la proyección cartográfica, el sistema geodésico de referencia, o las distorsiones geométricas que afectan a la posición de los datos (Dávila Martínez, Camacho Arranz, 2012).

Bajo este concepto se realizó la identificación de los puntos de muestreo según la metodología establecida por Flores (2010) y Andalucía (2019) de donde se estratifico 3 humedales en cada uno de ellos se estableció un muestreo sistemático compuesto en la superficie de cada humedal, se georreferenció los 30 puntos de muestreo donde se tomó muestras compuestas como se identifica en el siguiente cuadro:

3.1.1. Ubicación de los puntos de muestreo en la Laguna La Magdalena.

Tabla 1-3: Coordenadas Geográficas de la Laguna La Magdalena

COORDENADAS GEOGRÁFICAS (X,Y)						
	HUMEDAL LACUSTRE		HUMEDAL PALUSTRE		HUMEDAL FLUVIAL	
1	777091	9758493	776894	9758500	776412	9757875
2	776905	9758362	776939	9759275	775304	9757325
3	773745	9757940	777037	9758199	776034	9756915
4	773449	9757679	772512	9758052	776349	9757251
5	771635	9759742	776541	9757239	776582	9757571
6	769475	9761847	776412	9757875	776392	9757923
7	773085	9757374	775852	9756751	776481	9758164

8	773517	9756896	776373	9758218	776680	9758230
9	773562	9757465	776558	9757317	775608	9757579
10	771635	9759742	776421	9757130	776656	9757685
						

Realizado por: Brayan Chiluiza. 2019

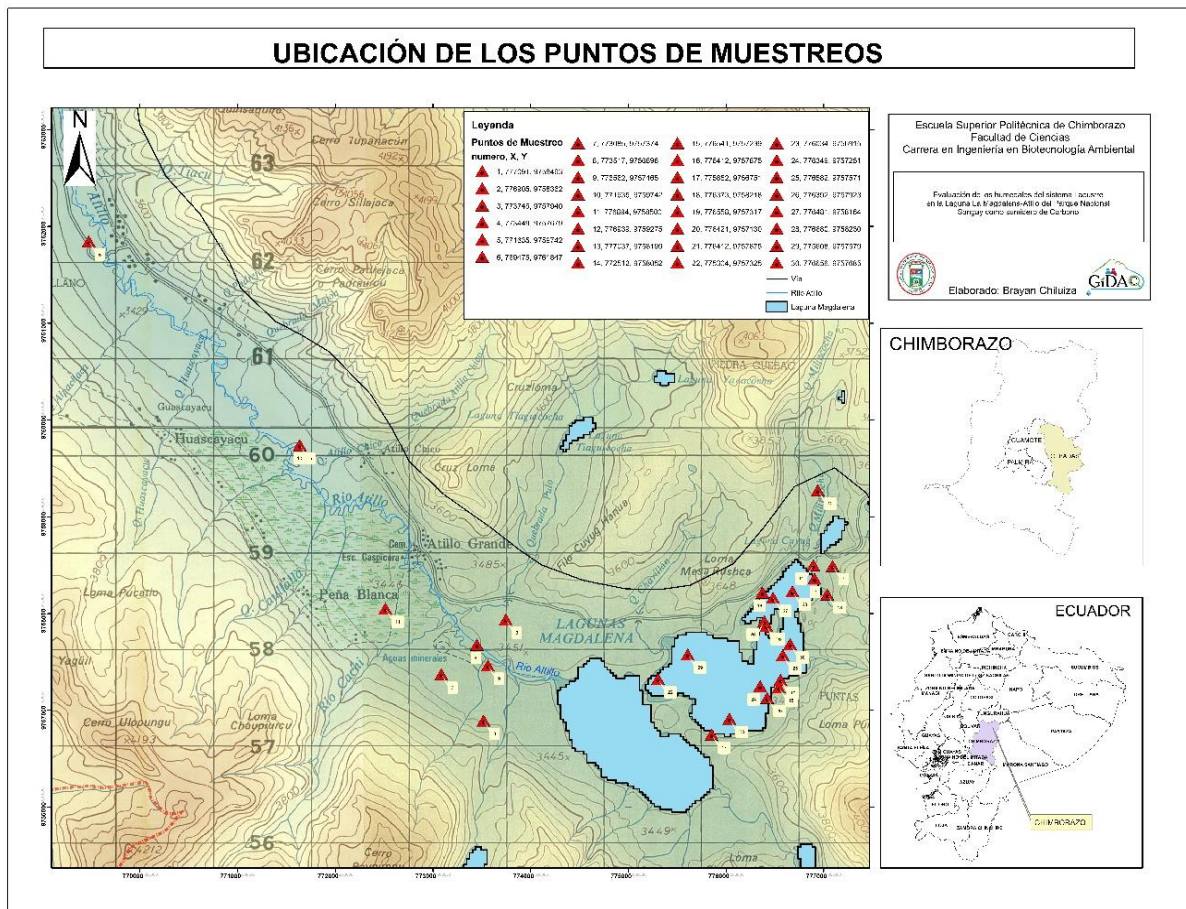


Figura 1-3: Mapa de Ubicación de los puntos de muestreo.

Realizado por: Brayan Chiluiza. 2019

Determinación de la variabilidad de concentraciones de materia orgánica

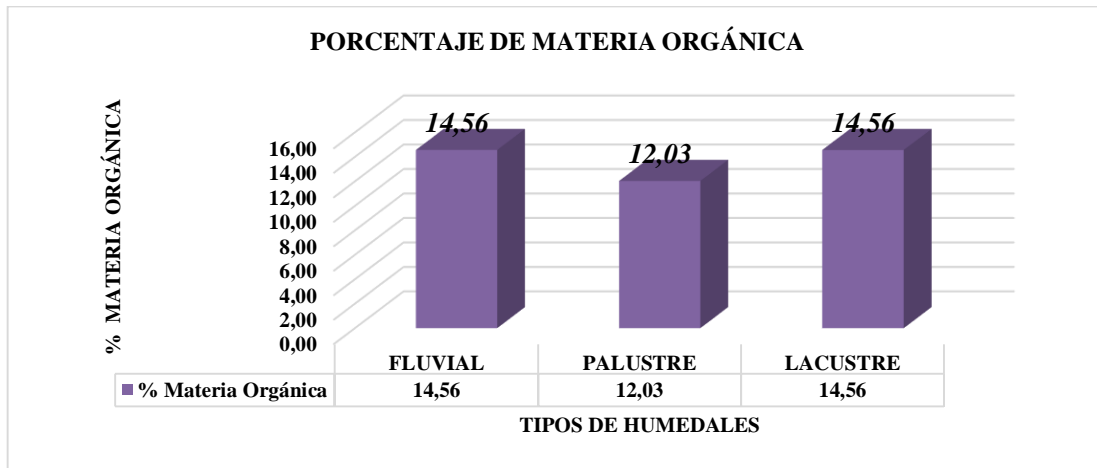


Gráfico 1-3: Porcentaje de Materia Orgánica en los humedales fluvial, palustre y lacustre

Realizado por: Brayan Chiluiza, 2019.

En el sistema lacustre de la Laguna Magdalena de Atillo se evidencia una homogeneidad de las concentraciones de materia orgánica en los humedales fluviales y lacustres superiores a las encontradas en la humedad palustre, resultados que son determinantes en la acumulación de carbono orgánico por guardar relación directamente proporcional con la materia orgánica ya que el carbono orgánico es el componente principal de la materia orgánica del suelo, la cual juega un papel importante en la productividad de los suelos como lo establece González M. Echeverry B. Hidalgo M. (2008) citado por Amaguaya (2015, p.15). El sistema lacustre contribuye de forma significativa el secuestro de carbono reflejando la capacidad de almacenamiento en 734,74 tonC/ha para el humedal Fluvial, 484,15 tonC/ha para el humedal Palustre y 548,19 tonC/ha para el humedal Lacustre.

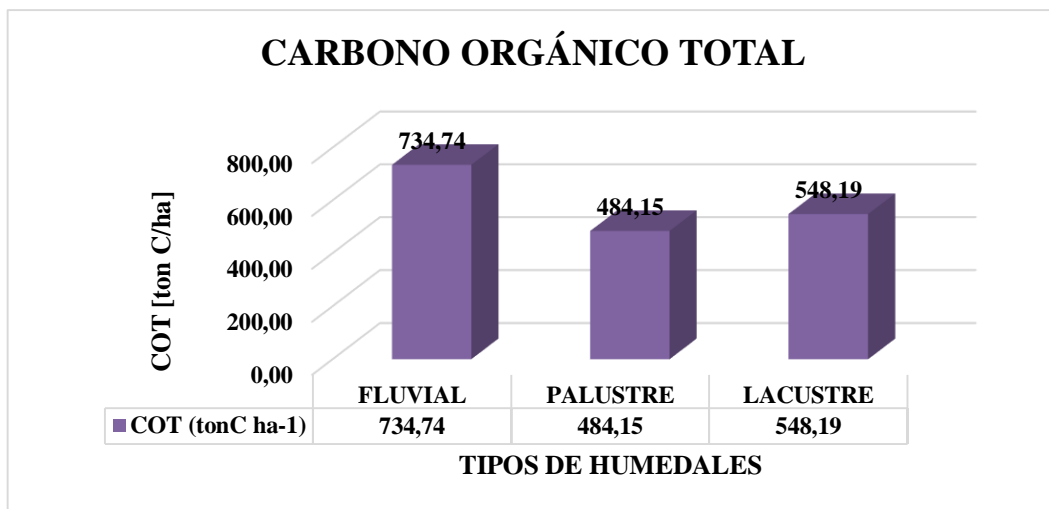


Gráfico 2-3: Carbono orgánico total en los humedales fluvial, palustre y lacustre

Realizado por: Brayan Chiluiza, 2019.

3.2. Evaluación de los nutrientes determinantes en la concentración de carbono orgánico

Para la evaluación de los nutrientes determinantes en la concentración de Carbono Orgánico en el suelo de los Humedales fluvial, palustre y lacustre de la Laguna La Magdalena-Atillo se realizaron matrices de correlación entre nutrimentos (nitrógeno, azufre, fósforo y potasio) que ayuden a la mejor interpretación de resultados obtenidos mediante análisis de laboratorio.

Tabla 2-3: Relación entre nutrientes del humedal fluvial

	Carbono Orgánico	Nitrógeno	Azufre	Fósforo	Potasio
Carbono Orgánico		,128	-,124	-,513	-,162
Nitrógeno	,128		,625	,017	,512
Azufre	-,124	,625		-,192	,840
Fósforo	-,513	,017	-,192		,131
Potasio	-,162	,512	,840	,131	

Realizado por: Brayan Chiluiza, 2019.

En el humedal fluvial la correlación entre Carbono Orgánico y Nitrógeno no fue determinante (12,8%), a su vez existieron otras correlaciones entre los demás elementos analizados que tuvieron mayor afinidad a la antes mencionada obteniendo como datos finales los siguientes valores:

Correlación Nitrógeno-Azufre: 0,625 (62,5%), Correlación Nitrógeno-Potasio: 0,512 (51,2%), Correlación Azufre-Potasio: 0,840 (84,0%) registrándose en esta similitud el valor más alto de semejanza. Resultados coherentes que resaltan los ciclos biogeoquímicos que cumplen estos nutrientes en el suelo.

Tabla 3-3: Matriz de correlación entre nutrientes en el humedal palustre

	Carbono Orgánico	Nitrógeno	Azufre	Fósforo	Potasio	
CORRELACIÓN	Carbono Orgánico		1,000	,626	-,004	,507
	Nitrógeno	1,000		,625	,017	,512
	Azufre	,626	,625		-,192	,840
	Fósforo	-,004	,017	-,192		,131
	Potasio	,507	,512	,840	,131	

Realizado por: Brayan Chiluiza. 2019

En el humedal palustre la correlación más fuerte se produjo entre el nitrógeno y el carbono con un valor de 1,00 equivalente al 100% de correlación, pues estos son los constituyentes principales de la materia orgánica. Por su parte existieron también correlaciones determinantes superiores al 50% del carbono orgánico con los demás macronutrientes dando como resultados los siguientes valores de correlación: Carbono Orgánico-Azufre 0,626 (62,6%), Carbono Orgánico-Potasio 0,507 (50,7%), Nitrógeno-Azufre 0,625 (62,5%), Nitrógeno-Potasio 0,512 (51,2%), Azufre-Potasio 0,840 (84,0%).

Tabla 4-3: Matriz de correlación entre nutrientes en el humedal lacustre

		Carbono orgánico	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Azufre
CORRELACIÓN	Carbono orgánico		1,000	-,058	,206	,577
	Nitrógeno	1,000		-,066	,199	,581
	Fósforo	-,058	-,066		,878	-,286
	Potasio	,206	,199	,878		-,194
	Azufre	,577	,581	-,286	-,194	

Realizado por: Brayan Chiluiza. 2019

En el humedal lacustre los resultados de evaluación de los nutrientes reportaron valores similares al humedal palustre, siendo la correlación entre el carbono y el nitrógeno la más distintiva reportando un valor de 1,00 es decir el 100% de correspondencia, afirmando la importancia de la interrelación entre estos, también se obtuvieron valores de correlación entre Carbono Orgánico-Azufre de 0,577 (57,7%), Nitrógeno-Azufre de 0,581 (58,1%), Fósforo-Potasio de 0,878 (87,8%).

Todas las interpretaciones de los resultados obtenidos determinan que el carbono y el nitrógeno son dos elementos indispensables para el desarrollo de la vida ya que afectan directa o indirectamente a todos los procesos biológicos, así mismo la relación C/N es un parámetro que evalúa la calidad de los restos orgánicos de los suelos, es decir, determina el nivel de mineralización de la materia orgánica que coexiste en el suelo, siendo estos elementos los más determinantes corroborando la alta correlación entre los mismos que fueron analizados en esta investigación.

Es importante el análisis del nitrógeno y el azufre, pero el fósforo y el potasio posiblemente no lo son convirtiéndose en los elementos limitantes para el desarrollo de actividades agropecuarias, como lo establecen las bibliografías.

Además de los fenómenos climáticos, las prácticas agronómicas cercanas afectan la aptitud de los suelos; las plantaciones continuas, las fertilizaciones excesivas o el pastoreo con muy alta carga animal, por ejemplo, pueden llevar a procesos de erosión o desertificación, causando así cambios en las características y propiedades de estos suelos.

3.3. Descripción de las características físico-químicas del suelo

3.3.1. Contenido de Humedad (%)

Flores & Alcalá, (Manual de procedimientos analíticos, 2010) señalan que la humedad es una propiedad física del suelo que influye en otras propiedades del mismo tipo tales como la densidad aparente, porosidad, compactación, penetrabilidad, resistencia al corte, consistencia, y color del suelo. La humedad es una propiedad dinámica que depende del clima, vegetación, profundidad de suelo, y de las características y condiciones del perfil del suelo.

El contenido de humedad del suelo es un indicador complementario y necesario en numerosos análisis pedológicos. Este contenido ha sido expresado tradicionalmente como la proporción de la masa de humedad con respecto a la masa de la muestra de suelo (Gardner, 1986). El exceso de agua en los suelos favorece la lixiviación de sales y de algunos otros compuestos; por lo tanto, el agua es un regulador importante de las actividades físicas, químicas y biológicas en el suelo (Topp, 1993).

Consecuente a los resultados recogidos en el estudio, en el gráfico tenemos el promedio del porcentaje de humedad de los humedales del sistema lacustre de la Laguna La Magdalena-Atillo: teniendo en el Humedal Fluvial: 56,77%, Humedal Palustre 58,38% y Humedal Lacustre 45,00%, obteniendo como media total del sistema lacustre un porcentaje de 53,38.

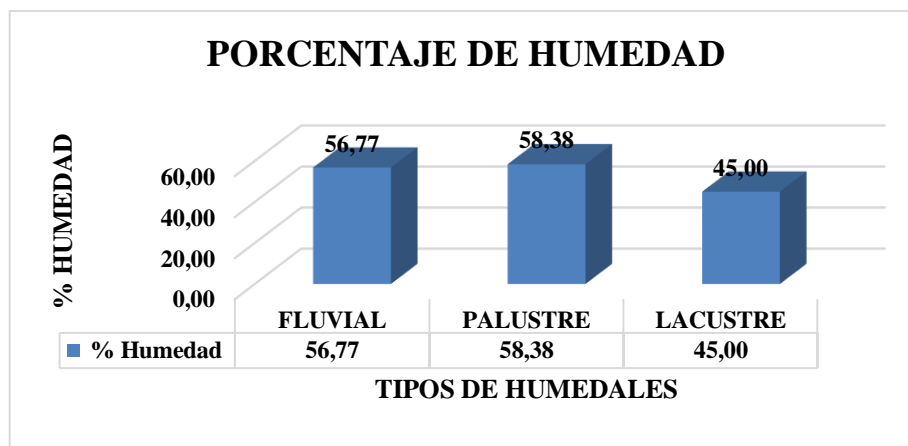


Gráfico 3-3: Valores Promedio porcentaje de humedad humedales fluvial.

Realizado por: Brayan Chiluiza. 2019

3.3.2. Densidad Aparente

La densidad aparente es un parámetro importante para la descripción de la calidad del suelo y la función del ecosistema. Los valores de densidad aparente altos indican un ambiente pobre para el crecimiento de raíces, aeración reducida y cambios indeseables en la función hidrológica como la reducción en la infiltración del agua. (CFAO, 2009). Los valores que puede tomar la densidad aparente dependen de muchos factores, incluyendo la textura, estructura y contenido de materia orgánica del suelo, así como del manejo del mismo.

El valor de densidad aparente aumenta con la profundidad del suelo en el perfil, debido al bajo contenido de materia orgánica y, consecuentemente, menor agregación y mayor compactación.

La densidad de las partículas no proporciona información referente a los procesos físicos del suelo, pero es muy útil en el cálculo de propiedades del suelo como la porosidad y la distribución del tamaño de las partículas. (Flores & Alcalá, Manual de Procedimientos Analíticos, 2010)

En el gráfico se puede observar la media de los datos de densidad aparente de los tres humedales, donde en el humedal fluvial se registró un valor de 1,49 g/mL, en el humedal palustre 1,18 g/mL y en el humedal lacustre 1,08 g/mL.

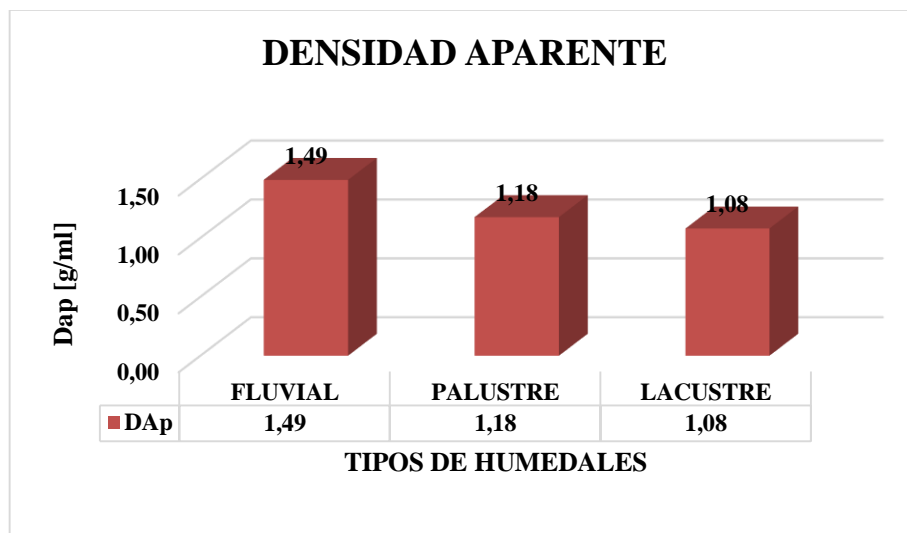


Gráfico 4-3: Valores de Densidad Aparente en los Humedales fluvial, palustre.

Realizado por: Brayan Chiluiza. 2019

3.3.3. pH

La importancia de medir el pH de un suelo radica en la disponibilidad de los nutrientes del suelo para las plantas, pues, muchos nutrientes tienen su máxima solubilidad en un rango entre 6 y 7 decreciendo por encima y por debajo de tal rango. (Gómez, 2013, p.28) Los factores que hacen que el suelo tenga un determinado valor de pH son diversos, fundamentalmente: naturaleza del material original, factor biótico, precipitaciones, complejo adsorbente. (Bernaola, 2019).

En el gráfico se puede observar los valores promedio de pH en el suelo de los humedales fluvial (5,15), palustre (5,61) y lacustre (5,23), donde el promedio final de pH en el sistema lacustre de la Laguna La Magdalena-Atillo fue de 5,33 dando un resultado considerado como un suelo ácido de acuerdo con los índices del INIAP.EESC.2002.

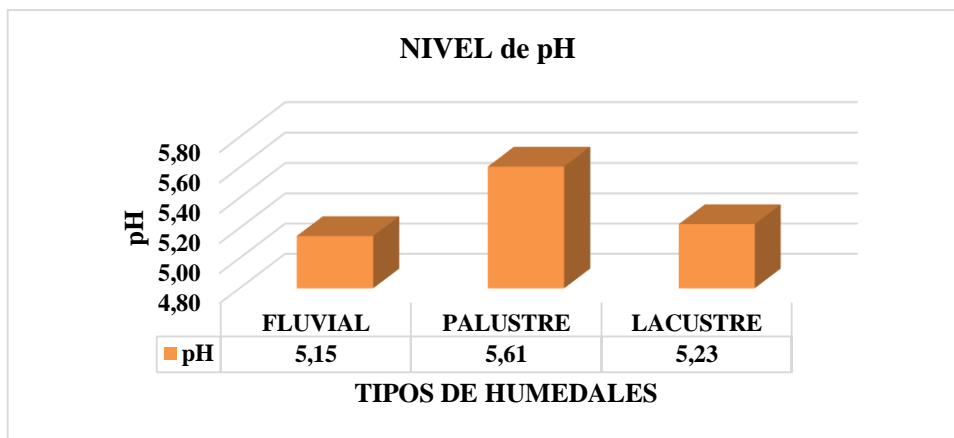


Gráfico 5-3: Valores Promedio pH en los Humedales fluvial, palustre. y lacustre

Realizado por: Brayan Chiluiza. 2019

3.3.4. Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica del suelo se correlaciona con varias propiedades del suelo como la textura y su capacidad para retener agua. Por ejemplo, los suelos con mayor porcentaje de arena tendrán lectura de conductividad relativamente más baja que los suelos arcillosos. El muestreo de la conductividad eléctrica aparente, dentro de un medio, puede proporcionar información adicional sobre la variabilidad del suelo dentro de ese campo y sobre las tendencias en el suelo de un año a otro, como la salinización, y compactación del suelo (Sela, 2018).

En un suelo, la conductividad eléctrica indica la cantidad de sales presentes. Este parámetro es importante porque en cierta medida determina la fertilidad de un suelo, pues las sales son los nutrientes que las plantas necesitan para su desarrollo; sin embargo, un exceso de sales inhibe el crecimiento de las especies vegetales y afecta el equilibrio entre el suelo y el agua (Fernández, et al., 2006), además, aporta problemas de drenaje y a la acción de riegos continuados, seguidos de evaporación y sequía (United States Department Of Agriculture, 1996).

En el gráfico se indican los valores promedio de conductividad eléctrica obtenidos en los análisis de laboratorio, mismos que señalan un valor de 0,0248 dS/m en el humedal fluvial, 0,0295 dS/m en el humedal palustre y 0,0579 dS/m en el humedal lacustre, estableciéndolos como suelos no salinos de acuerdo a los rangos de interpretación de conductividad eléctrica del INIAP.EESC.2002.

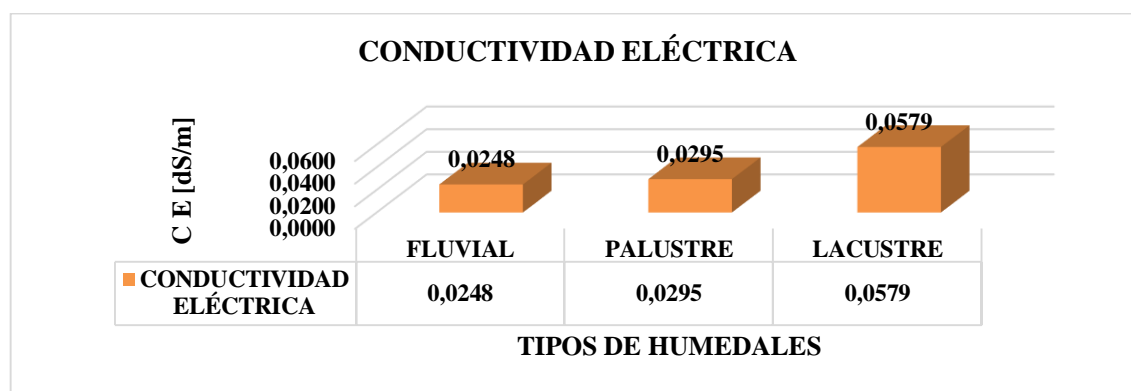


Gráfico 6-3: Valores Promedio de CE en los Humedales fluvial, palustre y lacustre

Realizado por: Brayan Chiluiza. 2019

3.3.5. Textura

La textura es la relación que existe entre los porcentajes de las diferentes fracciones (arena, limo y arcilla). Las combinaciones posibles de estos porcentajes pueden agruparse en unas pocas clases de tamaño de partículas o clases texturales. (Bernaola, 2019). La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura {FAO}, 2001).

Tabla 5-3: Textura del suelo de los humedales fluvial, palustre y lacustre

Tipo de Humedal	Tipo de Suelo	Cantidad	%
HUMEDAL FLUVIAL	Arcilloso	3	30
	Arcillo arenoso	5	50
	Franco arcillo arenoso	1	10
	Areno francoso	1	10
		10	100
HUMEDAL PALUSTRE	Arcilloso	4	40
	Franco arcillo arenoso	2	20
	Arenoso	1	10
	Franco arenoso	2	20
	Franca	1	10
		10	100
HUMEDAL LACUSTRE	Arcilloso	1	10
	Franco arcillo arenoso	1	10
	Franco arcilloso	2	20
	Franco arenoso	6	60
		10	100

Realizado por: Brayan Chiluiza. 2019

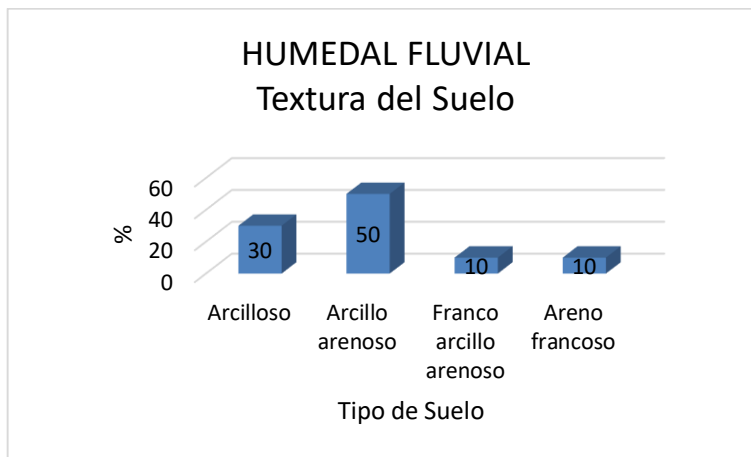


Gráfico 7-3: Textura del suelo en los humedales fluviales.

Realizado por: Brayan Chiluiza. 2019

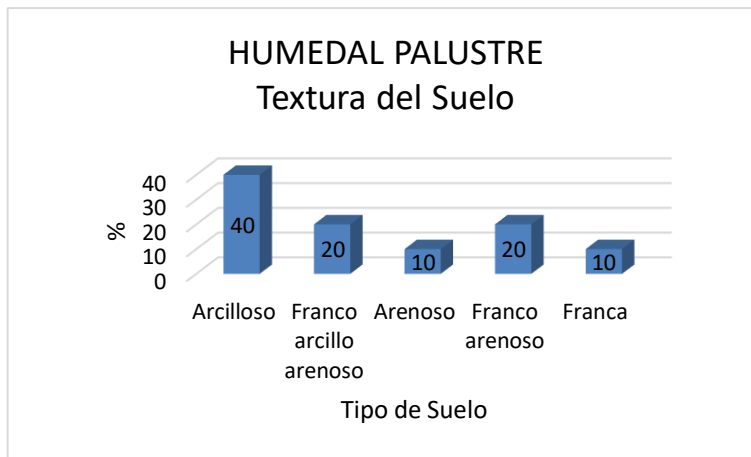


Gráfico 8-3: Textura del suelo en el humedal palustre

Realizado por: Brayan Chiluiza. 2019

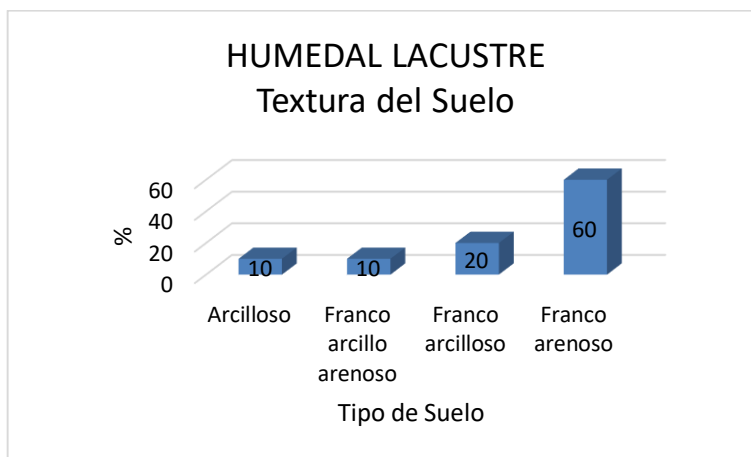


Gráfico 9-3: Textura del suelo en el humedal lacustre

Realizado por: Brayan Chiluiza. 2019

Los tipos de humedales de la Laguna La Magdalena-Atillo presentan las siguientes características texturales de suelo: en el humedal Fluvial el 50% de los puntos muestreados presentan textura arcillo arenosa, el 30% presenta textura arcillosa y las texturas franco arcillo arenosa y areno francoso representan cada una un 10% de la totalidad. En el humedal Palustre se tiene que el tipo de textura Arcillosa predomina con 40%, Franco arcillo arenosa posee el 20% al igual que el tipo Franco arenoso y Arenoso y Franca con el 10% ambos tipos de textura. De acuerdo a los análisis en el humedal lacustre se pudo determinar que el tipo de textura Franco arenosa tiene el 60%, Franco arcillosa un 20% y con 10% cada una Arcillosa y Franco arcillo arenosa. Dentro del sistema lacustre las texturas que prevalecieron fueron la textura arcillosa y franco arenosa donde hay la presencia de limos corroborando con ello las características de estos humedales y su correlación con otros parámetros de estudio.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio en el sistema lacustre el humedal que posee una capacidad de almacenamiento mayor de Carbono Orgánico Total contenido en el suelo de la Laguna La Magdalena-Atillo es el Humedal Fluvial con $734,74 \text{ ton C ha}^{-1}$, por su parte en el Humedal Palustre se obtuvo $431,99 \text{ ton C ha}^{-1}$ y a su vez en el Humedal Lacustre dio una media de $575,34 \text{ ton C ha}^{-1}$.

Se identificó apropiadamente el área de estudio mediante reconocimiento y visualización de la zona de investigación, estratificación de zonas húmedas (Palustre, Lacustre y Fluvial) mediante georreferenciación y caracterización de puntos de muestreo aleatorio – estratificado, permitiendo encontrar los lugares más apropiados para realizar la extracción de los suelos y posterior a ello efectuar el análisis de materia orgánica.

El macronutriente que determina la concentración de carbono orgánico en los tres tipos de humedales corresponde al nitrógeno, con una correlación alta garantizando la estabilidad de la materia orgánica en el suelo, seguida del azufre que tiene una participación media en el proceso de almacenamiento de carbono, debido a los altos porcentajes de humedad típica de estos ecosistemas.

Las zonas con mayores concentraciones de materia orgánica corresponden a los suelos francos donde se evidenció porcentajes homogéneos de arena, limo y arcilla producto de procesos de meteorización de gelifración que ocurre en el sistema fluvial, lo que se contrasta con la acumulación de sedimentos característicos de ecosistemas donde contrasta el periodo Mio-Plioceno.

RECOMENDACIONES

Es trascendente dar a conocer las ventajas de la preservación de este tipo de ecosistema en base a este estudio realizado y la importancia que tiene el mismo en la captura de carbono la cual podría ser utilizada como una alternativa nacional para la mitigación del cambio climático, esperando que los resultados de esta investigación sean tomados en cuenta. Para la estimación del carbono orgánico en zonas con panoramas variados como el sector de Atillo, es de gran importancia manejar metodologías de muestreo que engloben superficies considerables, las cuales permitan apreciar los diversos estándares que inciden en la retención de carbono en el suelo. A pesar de que el conocimiento de la dinámica de carbono en los ambientes altoandinos es aún restringido, los escasos estudios elaborados consideran que el páramo tiene reservorios significativos de carbono mismos que sirven de guías para desarrollar estrategias encaminadas para atenuar los impactos potenciales del cambio climático, convendría fijar una mayor importancia a estudios de investigación que buscan aportar datos que favorezcan a la comprensión de las concentraciones de carbono orgánico total presentes en ecosistemas como son los páramos y sistemas lacustres específicamente. Se sugiere continuar la línea de investigación con estudios detallados que extiendan y faciliten de información sobre los contenidos de este estudio y la valiosa aportación de estos biomas en una contribución a reducir los efectos del cambio climático.

BIBLIOGRAFÍA

AMAGUAYA, J. 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] (Trabajo de Titulación) Escuela superior politécnica de Chimborazo. Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal, Riobamba, Ecuador. 2015 (Consulta: 2019-07-01) Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3883/1/33T0135%20.pdf>

ANDALUCÍA, J. *Metodología para declarar un suelo contaminado. Muestreo y conservación de las muestras.* [en línea]. Andalucía, España: Instituto del Medio Ambiente de Andalucía. 2019. (Consulta: 2019-05-11) Disponible en: https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Estado_Y_Calidad_De_Los_Recursos_Naturales/Suelo/Criterios_pdf/Presentacion.pdf

ATLAS, Ronald M; & Bartha, R. *Ecología microbiana y microbiología Ambiental.* [en línea]. 4º edición, Addison Wesley. 2001. (Consulta: 2019-03-29) Disponible en: <https://www.ugr.es/~cjl/MO%20en%20suelos.pdf>

BBC. The carbon cycle. [en línea]. 2018 (Consulta: 2019-09-13). Disponible en: <https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/zg9v6yc/revision/2>.

BATJES, N. *Total carbon and nitrogen in the soils of the world.* Eur J Soil Sci. 47: 1996. pp: 63-151.

BENIMELL, F., et al. *El nitrógeno del suelo.* [en línea]. 2019. (Consulta: 2019-08-20). Disponible en: <https://El%20nitrogeno%20del%20suelo%202019.pdf>

BENJAMÍN, J. & MASERA, O. Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques*, vol. 7, no. 1 (2001). pp. 12.

BERNAOLA, A. R. *Obtenido de Propiedades físico químicas del suelo y su relación con los movimientos del agua.* Academia. [en línea] 2019. (Consulta: 2019-08-06). Disponible en: https://www.academia.edu/8423809/PROPIEDADES_FISICO_QUIMICAS_DEL_SUELO_Y_SU_RELACION_CON_LOS_MOVIMIENTOS_DEL_AGUA

BERETTA, A., et al. Medición de pH del suelo con papel reactivo. [en línea]. 2015. (Consulta: 2019-08-20). Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/288503112_Medicion_de_pH_del_suelo_con_papel_reactivo

CARBERRY, A. Como medir el pH del suelo. [en línea]. 2015. (Consulta: 2019-07-20). Disponible en: <https://es.wikihow.com/medir-el-pH-del-suelo>

BOLAÑO, T., CAMARGO, Y. & VÉLEZ, A. Emisiones Biogénicas De Monoterpenos En El Parque Nacional Natural Tayrona, Santa Marta (Colombia). Luna Azul [en línea], 2015, no. 40, pp. 102-116. ISSN 19092474. DOI 10.17151/luaz.2015.40.8. Disponible en: <http://lunazul.ucaldas.edu.co/index.php?option=content&task=view&id=1002>.

BURT, R. Soil Survey Laboratory Methods Manual. United States Department of Agriculture. [en línea]. 2004. Report No. 42. Version 4.0. Natural Resources Conservation Service. (Consulta: 2019-07-14). Disponible en: https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcseprd1026807.pdf

CARBALLO, C., Potencial de sumidero de carbono de la especie *Pinus sylvestris* en el Monte de Valsaín [en línea]. S.l.: Universidad Politécnica de Madrid. 2015. Disponible en: http://oa.upm.es/47592/1/PFG_CRISTINA_GALIANA_CARBALLO.pdf.

CARREIRA, D. Carbono Oxidable. Una forma de medir la materia orgánica del suelo. Tecnologías en análisis de suelos, 2005, pp: 91-102.

CASTELLANOS, C. Los ecosistemas de humedales en Colombia. 2006

CEA, B. & HIDALGO, I. Humedales. [en línea]. El Salvador: 1971, Disponible en: http://www.csj.gob.sv/ambiente/images/HUMEDALES_Y_MEDIO_AMBIENTE.pdf.

CEPSA, D. El Cambio Climático y los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en Cepsa. [en línea], 2015. Disponible en: https://www.cepsa.com/stfls/CepsaCom/Coorp_Comp/MedioAmbiente_Seguridad_Calidad/Articulos/Dossier-Cambio-Climatico-y-GEI.pdf.

CHILE, G. Protocolo de toma de muestras de suelos. [en línea] Chile: Gobierno de Chile. 2010. Disponible en: <https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/Protocolo%20toma%20muestras%20suelo.pdf>

COMBS, S., & M.V., N. Soil Organic Matter. Missouri. 1998. Brown JR.

DÁVILA, F, & CAMACHO, E. Georreferenciación de documentos cartográficos para la gestión de Archivos y Cartotecas. “Propuesta Metodológica” [en línea]. 2002, Santander. [Consulta: 2019-01-30]. Disponible en: <http://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/CTC-Ibercarto-V-Georreferenciacion.pdf>

DUÁREZ, D., et al. Análisis del Carbono Secuestrado en Humedales Altoandinos de dos áreas protegidos del Ecuador. *Ecología Aplicada* [en línea], vol. 15, no. 2, 2016 pp. 171-177. DOI <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v15i2.756>. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v15n2/a12v15n2.pdf>.

DUGAN, P. Conservación de humedales. Segunda. Gland: 1992. ISBN 2-8317-0118-X.

ENRÍQUEZ, A. & CREMONA, V. Humedales patagónicos como reservorios de carbono. Serie de divulgación [en línea], vol. 3, pp. 10-14. 2017 Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/imagenes/articulo_enriquez.pdf.

EDAFOIPA. Análisis granulométrico o textural. [en línea]. 2011. [Consulta: 2019-04-25]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/edafoIPA/textura-teo>

EYHERABIDE, M., et al., Comparación de métodos para determinar carbono orgánico en suelo. *Ciencia del Suelo*, 2014. pp:13-19.

FAO, Soil carbon sequestration for improved land management. *World soil reports 96*. Rome, (2001), p. 58. Disponible en: [scielo.conicyt.cl: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-27912008000100006&script=sci_arttext](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-27912008000100006&script=sci_arttext).

FAO. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. [en línea]. 2019. [Consulta: 2019-05-10] Disponible en: Portal de Suelos de la FAO- <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>

FEDERACIÓN DE ENSEÑANZA DE ANDALUCÍA. INTRODUCCIÓN ¿Qué es el efecto invernadero? . Andalucía, 1961

FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE MUNICIPIOS Y PROVINCIAS. Los sumideros de carbono a nivel local. España, 2011.

FERNÁNDEZ, L., et al. Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a remediación de sitios contaminados. [en línea]. México: Instituto Mexicano de Petróleo, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2016. [Consulta: 2019-04-29]. Disponible en: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/CG008215.pdf>

FLORES, L., & ALCALA, J. Manual de procedimientos analíticos. [en línea]. 2010. México. (1st ed.), pp. 4-5, [Consulta: 2019-04-29]. Disponible en: <http://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/edafo/lfs/MANUAL%20DEL%20LABORATORIO%20DE%20FISICA%20DE%20SUELOS1.pdf>

GARCÍA GUTIÉRREZ, C., & FELIX HERRÁN, J. "Técnicas de caracterización de suelos y abonos orgánicos". *Fundación Produce Sinaloa, A.C.* 1st ed., 2014. México, Culiacán, Sinaloa. pp. 10-25.

GÓMEZ GIRALDO, J. "Manual de Prácticas de Campo y del Laboratorio de Suelos". *Servicio Nacional de Aprendizaje SENA - Regional.* 1st ed., 2013. Espinal – Tolima: pp. 4-5.

GARDNER, W.H., Water Content. In: *Methods of Soil Analysis*, [en línea]. Part 1. Physical and Mineralogical Methods— Agronomy Monograph No 9 (2nd Edition) (1986) American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison. [Consulta: 2019-04-31] Disponible en: http://conservacion.cimmyt.org/es/component/docman/doc_view/1142-chs

GRANDA, P. Sumideros de carbono de los Andes Ecuatorianos [en línea], 2005, Montevideo: s.n. ISBN 9974792002. Disponible en: https://wrm.org.uy/es/files/2013/04/Sumideros_de_carbono_en_los_Andes_ecuatorianos.pdf

GREACEN, E. L. Soil Water Assessment by the Neutron Method CSIRO. (3th ed.). 1981 Special publication, Melbourne

IBÁÑEZ, S. La textura del suelo. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. 2010.

IBERDROLA. Sumideros de carbono. [en línea] 2019. [Consulta: 2019-05-12]. Disponible en: <https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/sumideros-carbono>.

INTA, Movilidad del Fosforo en el Suelo [en línea]. 2016. [Consulta: 2019-05-19]. S.l.: s.n. Disponible en: [http://www.fertilizando.com/articulos/Movilidad del Fosforo en el Suelo.asp](http://www.fertilizando.com/articulos/Movilidad%20del%20Fosforo%20en%20el%20Suelo.asp).

KARLANIAN, M. Cómo medir el pH y la conductividad eléctrica. [en línea]. 2011. [Consulta: 2019-05-19]. Disponible en: <https://inta.gov.ar/documentos/como-medir-el-ph-y-la-conductividad-electrica>

KEENAN, T.F. & WILLIAMS, C.A. "The Terrestrial Carbon Sink". *Redalyc* [en línea], 2018. [Consulta: 2019-05-19]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/327897929_The_Terrestrial_Carbon_Sink/link/5c6b0e0e299bf1e3a5b2568a/download.

KLUTE, A. "Methods of Soil Analysis. Part I: Physical and mineralogical methods". *American Society of Agronomy and Soil Science Society of America*. Second edition, 1986 . Madison, Wisconsin. pp: 23-27.

LAL, I., Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science* 304: 2004, pp: 1623-1627.

LIOTTA, M. Aplicación de la tecnica del riego en funcion del tipo de suelo y requerimientos de los cultivos. INTA . EEA San Juan 9 Milford, M.H., (1997). *Soils and Soils Science: Laboratory excercises*. 4th Edition. Texas A&M University. Kendall/Hunt Publishing Company. Dubuque, Iowa. USA. Mery, R. (1980) Determinación manual de la textura de suelos mediante la técnica del "tacto"

MCCARTY, G., et al. Mid-Infrared and Near- Infrared Diffuse Reflectance Spectroscopy for Soil Carbon Measurment. 2002.

MINISTERIO DEL AMBIENTE, Humedales. [en línea] 2015. [Consulta: 2019-05-29]. Disponible en: <http://suia.ambiente.gob.ec/web/humedales>.

NORMA-ASTM-D-2216. Ensayo de Contenido de Humedad. ACADEMIA. [en línea]. 2016. Disponible en: https://www.academia.edu/28775749/ENSAYO_DE_CONTENIDO_DE_HUMEDAD_suelos

NRDC. Greenhouse effect. [en línea]. 2017. [Consulta: 2019-06-05]. Disponible en: <https://www.nrdc.org/stories/greenhouse-effect-101>.

OREJUELA, B., El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. , vol. 34, no. 1, 2018, pp. 82-96.

ORTEGA, E. El efecto invernadero. 2011. [Consulta: 2019-05-05]. S.l.

ORTIZ, D. Fundamentos y procedimientos para análisis físicos y morfológicos del suelo. [en línea]. 2016. [Consulta: 2019-05-14]. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10690/1/FUNDAMENTOS%20Y%20PROCEDIMIENTOS.pdf>

PINOT, R, H. Manual de Edafología. [en línea]. Ed.Computec. Chile. Obtenido de densidad aparente en suelos forestales. 2000. [Consulta: 2019-05-14]. Disponible en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/57951/1/La%20densidad%20aparente%20en%20suelos%20forestales%20.pdf>.

PÉREZ, C.. 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*. [en línea]. 2018. [Consulta: 2019-05-21]. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/70942/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

PNUMA. ¿Qué son los humedales? *Ramsar*. 2000

PORTALFRUTICOLA. Métodos de medición de humedad del suelo: del campo al laboratorio. [en línea]. 2018. [Consulta: 2019-05-08]. Disponible en: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2018/08/30/metodos-de-medicion-de-humedad-del-suelo-del-campo-al-laboratorio/>

RICO, A. "La Ingeniería de suelos". *LIMUSA*. (2005). México. pp. 4-9.

RINTOUL, et al. Biogeochemical cycles. 2017. Madrid: s.n.

ROA, C. & BROWN, S. "Caracterización de la acumulación de carbono en pequeños humedales andinos en la cuenca alta del río Barbás". *Caldasia*. [en línea]. vol. (38), no. (1), (2016). pp. 117-135. [Consulta: 2019-04-17]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15446/caldasia.v38n1.57833>.

ROBET, M. Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. [en línea]. 2002. Roma. [Consulta: 2019-04-13]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-bl001s.pdf>.

ROJAS, J. Densidad aparente. [en línea]. 2012. [Consulta: 2019-04-31]. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_densidad_aparente.pdf

Sandoval, M., et al., Métodos de análisis físico de suelos. [en línea]. 2011. [Consulta: 2019-04-01]. Disponible en: http://www.trapananda.uach.cl/proyectos/desarrollo/lib/exe/fetch.php?media=proyectos:metodos_analisis_fisico_suelos.pdf

SANZANO, A. El azufre del suelo. 2019 . S.l.:

SAUGIER, B. & PONTAILLER, J. "El ciclo global del carbono y sus consecuencias en la fotosíntesis en el Altiplano boliviano". *Ecología en Bolivia*. vol. 41, no. 3. (2006), (Bolivia).

SCHMUGGE, T. J. "Remote sensing of soil moisture. In: Hydrological Forecasting". (*M. G. Anderson y T. P. Burt, eds.*), 1985, John Wiley, Nueva York, pp. 101 - 124.

SMART. Azufre. [en línea], 2017. [Consulta: 2019-08-01]. Disponible en: <https://www.smart-fertilizer.com/es/articles/sulfur>.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report N 42. [en línea]. 1996. [Consulta: 2019-06-12]. Disponible en: [Determinación del pH y conductividad eléctrica del suelo : mct.dgf.uchile.cl/AREAS/medio_mod1.1.htm](http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/medio_mod1.1.htm)

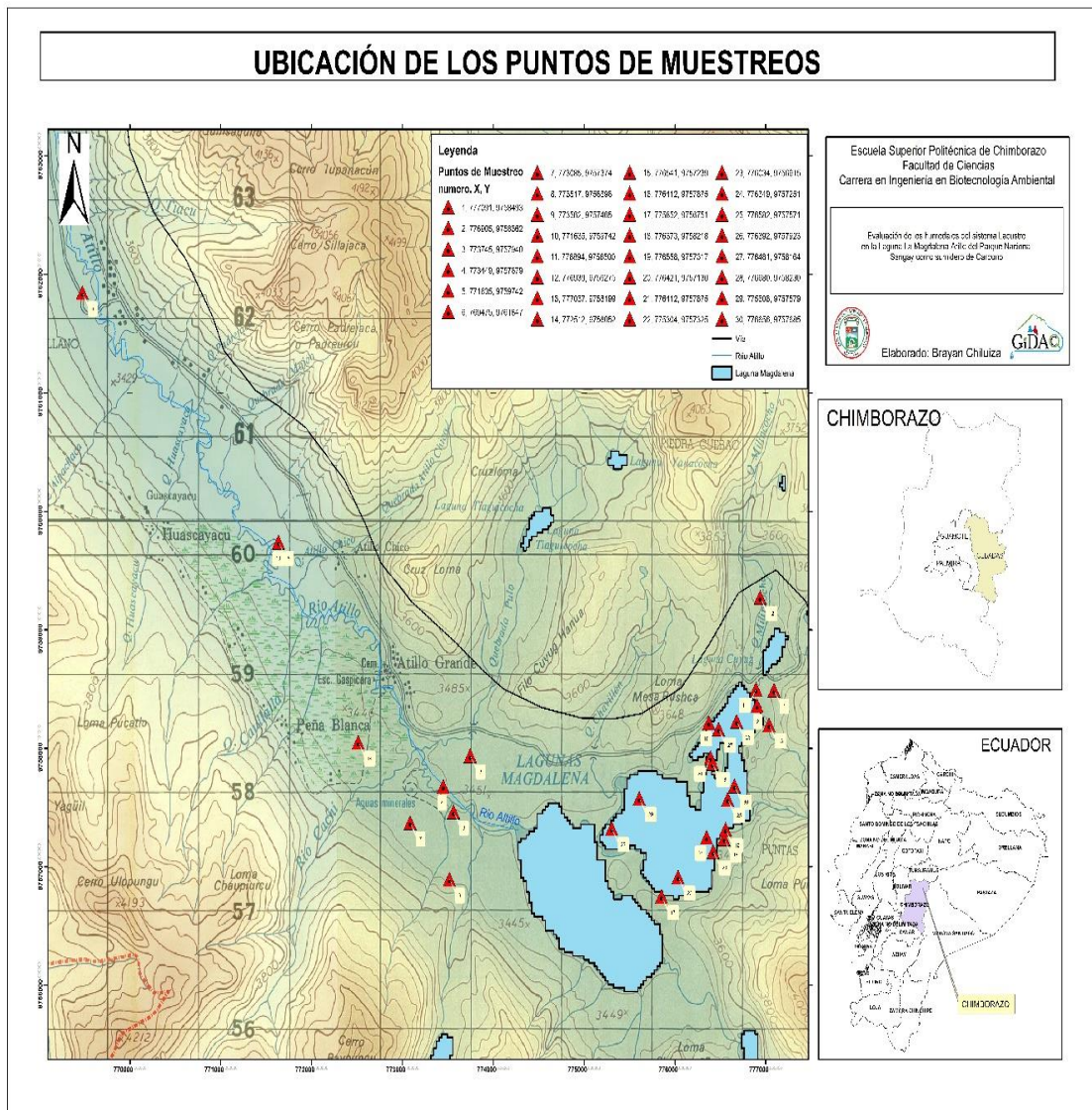
ANEXOS

ANEXO A: Ubicación de los puntos de muestreo

ATILLO	COORDENADAS		# PUNTO	TIPO DE HUMEDAL	NOMBRE PUNTO
	X	Y			
1	777091	9758493	23	FLUVIAL	ATILLO 23
2	776905	9758362	29	FLUVIAL	ATILLO 29
3	773745	9757940	32	FLUVIAL	ATILLO 32
4	773449	9757679	38	FLUVIAL	ATILLO 38
5	771635	9759742	41	FLUVIAL	ATILLO 41
6	769475	9761847	47	FLUVIAL	ATILLO 47
7	773085	9757374	49	FLUVIAL	ATILLO 49
8	773517	9756896	50	FLUVIAL	ATILLO 50
9	773562	9757465	52	FLUVIAL	ATILLO 52
10	771635	9759742	41	FLUVIAL	ATILLO 41
11	776894	9758500	16	PALUSTRE	ATILLO 16
12	776939	9759275	24	PALUSTRE	ATILLO 24
13	777037	9758199	25	PALUSTRE	ATILLO 25
14	772512	9758052	33	PALUSTRE	ATILLO 33
15	776541	9757239	54	PALUSTRE	ATILLO 54
16	776412	9757875	60	PALUSTRE	ATILLO 60
17	775852	9756751	63	PALUSTRE	ATILLO 63
18	776373	9758218	64	PALUSTRE	ATILLO 64
19	776558	9757317	65	PALUSTRE	ATILLO 65
20	776421	9757130	66	PALUSTRE	ATILLO 66
21	776412	9757875	61	LACUSTRE	ATILLO 61
22	775304	9757325	1	LACUSTRE	ATILLO 1
23	776034	9756915	2	LACUSTRE	ATILLO 2
24	776349	9757251	3	LACUSTRE	ATILLO 3
25	776582	9757571	4	LACUSTRE	ATILLO 4
26	776392	9757923	5	LACUSTRE	ATILLO 5
27	776481	9758164	6	LACUSTRE	ATILLO 6
28	776680	9758230	7	LACUSTRE	ATILLO 7
29	775608	9757579	8	LACUSTRE	ATILLO 8
30	776656	9757685	9	LACUSTRE	ATILLO 9

Elaborado por: Brayan Chiluiza. 2019

ANEXO B: Mapa de Ubicación de los puntos de muestreo.



Elaborado por: Brayan Chiluiza. 2019

ANEXO C: Contenido de Humedad (%). Tipo de Humedal: Fluvial, Palustre y Lacustre.

CONTENIDO DE HUMEDAD % - HUMEDAL FLUVIAL				
COORDENADAS		# PUNTO	TIPO DE HUMEDAL	HUMEDAD %
X	Y			
777091	9758493	23	FLUVIAL	61,55
776905	9758362	29	FLUVIAL	83,58
773745	9757940	32	FLUVIAL	67,54
773449	9757679	38	FLUVIAL	37,39
771635	9759742	41	FLUVIAL	79,47
769475	9761847	47	FLUVIAL	29,44
773085	9757374	49	FLUVIAL	55,28
773517	9756896	50	FLUVIAL	43,79
773562	9757465	52	FLUVIAL	30,16
771635	9759742	41	FLUVIAL	79,47
CONTENIDO DE HUMEDAD % - HUMEDAL PALUSTRE				
COORDENADAS		# PUNTO	TIPO DE HUMEDAL	HUMEDAD %
X	Y			
776894	9758500	16	PALUSTRE	53,38
776939	9759275	24	PALUSTRE	78,20
777037	9758199	25	PALUSTRE	57,95
772512	9758052	33	PALUSTRE	40,99
776541	9757239	54	PALUSTRE	54,42
776412	9757875	60	PALUSTRE	67,22
775852	9756751	63	PALUSTRE	75,54
776373	9758218	64	PALUSTRE	23,23
776558	9757317	65	PALUSTRE	61,54
776421	9757130	66	PALUSTRE	71,36
CONTENIDO DE HUMEDAD % - HUMEDAL LACUSTRE				
COORDENADAS		# PUNTO	TIPO DE HUMEDAL	HUMEDAD %
X	Y			
776412	9757875	61	LACUSTRE	75,14
775304	9757325	1	LACUSTRE	35,31
776034	9756915	2	LACUSTRE	26,94
776349	9757251	3	LACUSTRE	44,01
776582	9757571	4	LACUSTRE	41,57
776392	9757923	5	LACUSTRE	44,69
776481	9758164	6	LACUSTRE	49,38
776680	9758230	7	LACUSTRE	42,79
775608	9757579	8	LACUSTRE	43,13
776656	9757685	9	LACUSTRE	47,04

Elaborado por: Brayan Chiluiza. 2019

ANEXO D: Densidad Aparente [g/mL.] Tipo de Humedal: Fluvial, Palustre y Lacustre.

DENSIDAD APARENTE [g/ml] – HUMEDAL FLUVIAL				
COORDENADAS		# PUNTO	TIPO DE HUMEDAL	DENSIDAD APARENTE [g/ml]
X	Y			
777091	9758493	23	FLUVIAL	0,76
776905	9758362	29	FLUVIAL	1,73
773745	9757940	32	FLUVIAL	1,23
773449	9757679	38	FLUVIAL	1,31
771635	9759742	41	FLUVIAL	2,99
769475	9761847	47	FLUVIAL	1,24
773085	9757374	49	FLUVIAL	0,81
773517	9756896	50	FLUVIAL	0,94
773562	9757465	52	FLUVIAL	0,92
771635	9759742	41	FLUVIAL	2,99
DENSIDAD APARENTE [g/ml] - HUMEDAL PALUSTRE				
COORDENADAS		# PUNTO	TIPO DE HUMEDAL	DENSIDAD APARENTE [g/ml]
X	Y			
776894	9758500	16	PALUSTRE	0,90
776939	9759275	24	PALUSTRE	0,50
777037	9758199	25	PALUSTRE	0,98
772512	9758052	33	PALUSTRE	1,10
776541	9757239	54	PALUSTRE	1,44
776412	9757875	60	PALUSTRE	1,16
775852	9756751	63	PALUSTRE	1,39
776373	9758218	64	PALUSTRE	1,79
776558	9757317	65	PALUSTRE	1,62
776421	9757130	66	PALUSTRE	0,88
DENSIDAD APARENTE [g/ml] – HUMEDAL LACUSTRE				
COORDENADAS		# PUNTO	TIPO DE HUMEDAL	DENSIDAD APARENTE [g/ml]
X	Y			
776412	9757875	61	LACUSTRE	1,09
775304	9757325	1	LACUSTRE	1,43
776034	9756915	2	LACUSTRE	1,56
776349	9757251	3	LACUSTRE	0,93
776582	9757571	4	LACUSTRE	0,94
776392	9757923	5	LACUSTRE	0,91
776481	9758164	6	LACUSTRE	1,08
776680	9758230	7	LACUSTRE	0,94
775608	9757579	8	LACUSTRE	0,93
776656	9757685	9	LACUSTRE	1,00

Elaborado por: Brayan Chiluiza. 2019

ANEXO E: pH. Tipo de Humedal: Fluvial, Palustre y Lacustre.

pH – HUMEDAL FLUVIAL				
COORDENADAS		# PUNTO	TIPO DE HUMEDAL	pH
X	Y			
777091	9758493	23	FLUVIAL	5,46
776905	9758362	29	FLUVIAL	5,52
773745	9757940	32	FLUVIAL	4,70
773449	9757679	38	FLUVIAL	4,60
771635	9759742	41	FLUVIAL	4,65
769475	9761847	47	FLUVIAL	5,88
773085	9757374	49	FLUVIAL	5,43
773517	9756896	50	FLUVIAL	5,24
773562	9757465	52	FLUVIAL	5,34
771635	9759742	41	FLUVIAL	4,65
pH – HUMEDAL PALUSTRE				
COORDENADAS		# PUNTO	TIPO DE HUMEDAL	pH
X	Y			
776894	9758500	16	PALUSTRE	5,68
776939	9759275	24	PALUSTRE	5,46
777037	9758199	25	PALUSTRE	5,90
772512	9758052	33	PALUSTRE	5,92
776541	9757239	54	PALUSTRE	5,88
776412	9757875	60	PALUSTRE	5,17
775852	9756751	63	PALUSTRE	4,91
776373	9758218	64	PALUSTRE	6,64
776558	9757317	65	PALUSTRE	5,49
776421	9757130	66	PALUSTRE	5,00
pH – HUMEDAL LACUSTRE				
COORDENADAS		# PUNTO	TIPO DE HUMEDAL	pH
X	Y			
776412	9757875	61	LACUSTRE	5,97
775304	9757325	1	LACUSTRE	5,02
776034	9756915	2	LACUSTRE	5,02
776349	9757251	3	LACUSTRE	5,89
776582	9757571	4	LACUSTRE	4,86
776392	9757923	5	LACUSTRE	5,20
776481	9758164	6	LACUSTRE	4,86
776680	9758230	7	LACUSTRE	5,38
775608	9757579	8	LACUSTRE	5,03
776656	9757685	9	LACUSTRE	5,03

Elaborado por: Brayan Chiluiza. 2019

ANEXO F: Conductividad Eléctrica [dS/m]. Tipo de Humedal: Fluvial, Palustre y Lacustre.

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA [dS/m] – HUMEDAL FLUVIAL				
COORDENADAS		# PUNTO	TIPO DE HUMEDAL	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA [dS/m]
X	Y			
777091	9758493	23	FLUVIAL	0,0300
776905	9758362	29	FLUVIAL	0,0363
773745	9757940	32	FLUVIAL	0,0183
773449	9757679	38	FLUVIAL	0,0177
771635	9759742	41	FLUVIAL	0,0287
769475	9761847	47	FLUVIAL	0,0133
773085	9757374	49	FLUVIAL	0,0347
773517	9756896	50	FLUVIAL	0,0267
773562	9757465	52	FLUVIAL	0,0133
771635	9759742	41	FLUVIAL	0,0287
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA [dS/m] – HUMEDAL PALUSTRE				
COORDENADAS		# PUNTO	TIPO DE HUMEDAL	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA [dS/m]
X	Y			
776894	9758500	16	PALUSTRE	0,0167
776939	9759275	24	PALUSTRE	0,0323
777037	9758199	25	PALUSTRE	0,0270
772512	9758052	33	PALUSTRE	0,0240
776541	9757239	54	PALUSTRE	0,0163
776412	9757875	60	PALUSTRE	0,0183
775852	9756751	63	PALUSTRE	0,0460
776373	9758218	64	PALUSTRE	0,0650
776558	9757317	65	PALUSTRE	0,0250
776421	9757130	66	PALUSTRE	0,0240
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA [dS/m] – HUMEDAL LACUSTRE				
COORDENADAS		# PUNTO	TIPO DE HUMEDAL	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA [dS/m]
X	Y			
776412	9757875	61	LACUSTRE	0,0487
775304	9757325	1	LACUSTRE	0,0350
776034	9756915	2	LACUSTRE	0,0260
776349	9757251	3	LACUSTRE	0,0230
776582	9757571	4	LACUSTRE	0,0640
776392	9757923	5	LACUSTRE	0,1240
776481	9758164	6	LACUSTRE	0,0390
776680	9758230	7	LACUSTRE	0,0435
775608	9757579	8	LACUSTRE	0,0940
776656	9757685	9	LACUSTRE	0,0815

Elaborado por: Brayan Chiluiza. 2019

ANEXO G: Color (Codificación Munsell). Tipo de Humedal: Fluvial, Palustre y Lacustre.

COLOR – HUMEDAL FLUVIAL				
COORDENADAS		# PUNTO	TIPO DE HUMEDAL	COLOR
X	Y			
777091	9758493	23	FLUVIAL	10YR 3/1
776905	9758362	29	FLUVIAL	7.5YR 4/2
773745	9757940	32	FLUVIAL	2.5YR 4/4
773449	9757679	38	FLUVIAL	10YR 3/1
771635	9759742	41	FLUVIAL	7.5YR 3/2
769475	9761847	47	FLUVIAL	10 R 2.5/1
773085	9757374	49	FLUVIAL	7.5YR 2.5/3
773517	9756896	50	FLUVIAL	5YR 3/1
773562	9757465	52	FLUVIAL	2.5YR 2.5/1
771635	9759742	41	FLUVIAL	7.5YR 3/2
COLOR – HUMEDAL PALUSTRE				
COORDENADAS		# PUNTO	TIPO DE HUMEDAL	COLOR
X	Y			
776894	9758500	16	PALUSTRE	10YR 3/2
776939	9759275	24	PALUSTRE	10YR 3/3
777037	9758199	25	PALUSTRE	10YR 2/2
772512	9758052	33	PALUSTRE	2.5YR 4/4
776541	9757239	54	PALUSTRE	2.5YR 3/3
776412	9757875	60	PALUSTRE	10YR 5/4
775852	9756751	63	PALUSTRE	2.5YR 4/2
776373	9758218	64	PALUSTRE	GLEYS 6/1
776558	9757317	65	PALUSTRE	7.5YR 3/2
776421	9757130	66	PALUSTRE	5Y 3/2
COLOR – HUMEDAL LACUSTRE				
COORDENADAS		# PUNTO	TIPO DE HUMEDAL	COLOR
X	Y			
776412	9757875	61	LACUSTRE	7.5YR 3/1
775304	9757325	1	LACUSTRE	5Y 3/2
776034	9756915	2	LACUSTRE	10YR 2/2
776349	9757251	3	LACUSTRE	5Y 4/1
776582	9757571	4	LACUSTRE	2.5Y 3/2
776392	9757923	5	LACUSTRE	5Y 4/2
776481	9758164	6	LACUSTRE	2.5Y 2.5/1
776680	9758230	7	LACUSTRE	2.5Y 3/2
775608	9757579	8	LACUSTRE	7.5YR 3/1
776656	9757685	9	LACUSTRE	10YR 2/2

Elaborado por: Brayan Chiluiza, 2019

ANEXO H: Textura del Suelo. Tipo de Humedal: Fluvial, Palustre y Lacustre.

TEXTURA DEL SUELO				
COORDENADAS		# PUNTO	TIPO DE HUMEDAL	TEXTURA
X	Y			
777091	9758493	23	FLUVIAL	Arcilloso
776905	9758362	29	FLUVIAL	Arcillo arenoso
773745	9757940	32	FLUVIAL	Arcilloso
773449	9757679	38	FLUVIAL	Arcilloso
771635	9759742	41	FLUVIAL	Arcillo arenoso
769475	9761847	47	FLUVIAL	Arcillo arenoso
773085	9757374	49	FLUVIAL	Arcillo arenoso
773517	9756896	50	FLUVIAL	Franco arcillo arenoso
773562	9757465	52	FLUVIAL	Areno francoso
771635	9759742	41	FLUVIAL	Arcillo arenoso
TEXTURA DEL SUELO – HUMEDAL PALUSTRE				
COORDENADAS		# PUNTO	TIPO DE HUMEDAL	TEXTURA
X	Y			
776894	9758500	16	PALUSTRE	Franco arcillo arenoso
776939	9759275	24	PALUSTRE	Arcilloso
777037	9758199	25	PALUSTRE	Arcilloso
772512	9758052	33	PALUSTRE	Arcilloso
776541	9757239	54	PALUSTRE	Arenoso
776412	9757875	60	PALUSTRE	Franco arcillo arenoso
775852	9756751	63	PALUSTRE	Arcilloso
776373	9758218	64	PALUSTRE	Franco arenoso
776558	9757317	65	PALUSTRE	Franco arenoso
776421	9757130	66	PALUSTRE	Franca
TEXTURA DEL SUELO – HUMEDAL LACUSTRE				
COORDENADAS		# PUNTO	TIPO DE HUMEDAL	TEXTURA
X	Y			
776412	9757875	61	LACUSTRE	Franco arcillo arenoso
775304	9757325	1	LACUSTRE	Franco arenoso
776034	9756915	2	LACUSTRE	Franco arenoso
776349	9757251	3	LACUSTRE	Arcilloso
776582	9757571	4	LACUSTRE	Franco arenoso
776392	9757923	5	LACUSTRE	Franco arcilloso
776481	9758164	6	LACUSTRE	Franco arcilloso
776680	9758230	7	LACUSTRE	Franco arenoso
775608	9757579	8	LACUSTRE	Franco arenoso
776656	9757685	9	LACUSTRE	Franco arenoso

Elaborado por: Brayan Chiluiza, 2019

ANEXO I: Contenido de Materia Orgánica (%). Tipo de Humedal: Fluvial, Palustre y Lacustre.

CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA (%) – HUMEDAL FLUVIAL				
COORDENADAS		# PUNTO	TIPO DE HUMEDAL	% MATERIA ORGÁNICA
X	Y			
777091	9758493	23	FLUVIAL	15,46
776905	9758362	29	FLUVIAL	15,04
773745	9757940	32	FLUVIAL	15,70
773449	9757679	38	FLUVIAL	9,52
771635	9759742	41	FLUVIAL	14,31
769475	9761847	47	FLUVIAL	6,26
773085	9757374	49	FLUVIAL	23,02
773517	9756896	50	FLUVIAL	8,07
773562	9757465	52	FLUVIAL	23,91
771635	9759742	41	FLUVIAL	14,31
CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA (%) – HUMEDAL PALUSTRE				
COORDENADAS		# PUNTO	TIPO DE HUMEDAL	% MATERIA ORGÁNICA
X	Y			
776894	9758500	16	PALUSTRE	10,12
776939	9759275	24	PALUSTRE	15,36
777037	9758199	25	PALUSTRE	9,46
772512	9758052	33	PALUSTRE	9,13
776541	9757239	54	PALUSTRE	9,95
776412	9757875	60	PALUSTRE	13,48
775852	9756751	63	PALUSTRE	17,35
776373	9758218	64	PALUSTRE	3,05
776558	9757317	65	PALUSTRE	9,95
776421	9757130	66	PALUSTRE	14,05
CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA (%) – HUMEDAL LACUSTRE				
COORDENADAS		# PUNTO	TIPO DE HUMEDAL	% MATERIA ORGÁNICA
X	Y			
776412	9757875	61	LACUSTRE	18,44
775304	9757325	1	LACUSTRE	27,54
776034	9756915	2	LACUSTRE	27,64
776349	9757251	3	LACUSTRE	2,10
776582	9757571	4	LACUSTRE	14,05
776392	9757923	5	LACUSTRE	6,72
776481	9758164	6	LACUSTRE	13,05
776680	9758230	7	LACUSTRE	8,08
775608	9757579	8	LACUSTRE	10,39
776656	9757685	9	LACUSTRE	9,89

Elaborado por: Brayan Chiluiza. 2019

ANEXO J: Contenido de Carbono Orgánico (%) y Carbono Orgánico Total (ton C/ha).

Tipo de Humedal: Fluvial, Palustre y Lacustre.

CARBONO ORGÁNICO (%) - CARBONO ORGÁNICO TOTAL (ton C/ha)					
HUMEDAL FLUVIAL					
COORDENADAS		# PUNTO	TIPO DE HUMEDAL	% CARBONO ORGÁNICO	COT [TnC/ha]
X	Y				
777091	9758493	23	FLUVIAL	8,97	408,92
776905	9758362	29	FLUVIAL	8,72	905,54
773745	9757940	32	FLUVIAL	9,11	672,08
773449	9757679	38	FLUVIAL	5,52	434,03
771635	9759742	41	FLUVIAL	8,30	1489,10
769475	9761847	47	FLUVIAL	3,63	270,15
773085	9757374	49	FLUVIAL	13,35	648,94
773517	9756896	50	FLUVIAL	4,68	264,01
773562	9757465	52	FLUVIAL	13,87	765,56
771635	9759742	41	FLUVIAL	8,30	1489,10
CARBONO ORGÁNICO (%) - CARBONO ORGÁNICO TOTAL (ton C/ha)					
HUMEDAL PALUSTRE					
COORDENADAS		# PUNTO	TIPO DE HUMEDAL	% CARBONO ORGÁNICO	COT [TnC/ha]
X	Y				
776894	9758500	16	PALUSTRE	5,87	316,98
776939	9759275	24	PALUSTRE	8,91	267,29
777037	9758199	25	PALUSTRE	5,49	322,65
772512	9758052	33	PALUSTRE	5,30	349,52
776541	9757239	54	PALUSTRE	5,77	498,65
776412	9757875	60	PALUSTRE	7,82	544,20
775852	9756751	63	PALUSTRE	10,06	839,32
776373	9758218	64	PALUSTRE	1,77	190,01
776558	9757317	65	PALUSTRE	5,77	560,99
776421	9757130	66	PALUSTRE	8,15	430,30
CARBONO ORGÁNICO (%) - CARBONO ORGÁNICO TOTAL (ton C/ha)					
HUMEDAL LACUSTRE					
COORDENADAS		# PUNTO	TIPO DE HUMEDAL	% CARBONO ORGÁNICO	COT [TnC/ha]
X	Y				
776412	9757875	61	LACUSTRE	10,70	699,52
775304	9757325	1	LACUSTRE	15,97	1370,61
776034	9756915	2	LACUSTRE	16,03	1500,64
776349	9757251	3	LACUSTRE	1,22	67,97
776582	9757571	4	LACUSTRE	8,15	459,64
776392	9757923	5	LACUSTRE	3,90	212,83
776481	9758164	6	LACUSTRE	7,57	490,51
776680	9758230	7	LACUSTRE	4,68	263,81
775608	9757579	8	LACUSTRE	6,02	336,23
776656	9757685	9	LACUSTRE	5,73	351,67

Elaborado por: Brayan Chiluiza. 2019

ANEXO K Contenido de Nutrientes esenciales. Tipo de Humedal: Fluvial, Palustre y Lacustre.

CONTENIDO DE NITRÓGENO (%) – FÓSFORO (mg/Kg) – POTASIO (cmol/kg)						
HUMEDAL FLUVIAL						
COORDENADAS		# PUNTO	TIPO DE HUMEDAL	NITRÓGENO %	FÓSFORO mg/Kg	POTASIO cmol/kg
X	Y					
777091	9758493	23	FLUVIAL	0,77	4,3	0,06
776905	9758362	29	FLUVIAL	0,75	3,8	0,12
773745	9757940	32	FLUVIAL	0,78	8,0	0,22
773449	9757679	38	FLUVIAL	0,48	3,8	0,05
771635	9759742	41	FLUVIAL	0,72	<3,5	0,03
769475	9761847	47	FLUVIAL	0,31	<3,5	0,52
773085	9757374	49	FLUVIAL	1,15	6,9	0,28
773517	9756896	50	FLUVIAL	0,40	7,1	0,23
773562	9757465	52	FLUVIAL	1,20	3,8	0,11
771635	9759742	41	FLUVIAL	0,72	<3,5	0,03
CONTENIDO DE NITRÓGENO (%) – FÓSFORO (mg/Kg) – POTASIO (cmol/kg)						
HUMEDAL PALUSTRE						
COORDENADAS		# PUNTO	TIPO DE HUMEDAL	NITRÓGENO %	FÓSFORO mg/Kg	POTASIO cmol/kg
X	Y					
776894	9758500	16	PALUSTRE	0,51	<3,5	0,22
776939	9759275	24	PALUSTRE	0,67	4,10	0,06
777037	9758199	25	PALUSTRE	0,47	<3,5	0,06
772512	9758052	33	PALUSTRE	0,46	<3,5	0,07
776541	9757239	54	PALUSTRE	0,50	4,0	0,05
776412	9757875	60	PALUSTRE	0,67	3,9	0,17
775852	9756751	63	PALUSTRE	0,87	4,1	0,07
776373	9758218	64	PALUSTRE	0,15	3,5	0,05
776558	9757317	65	PALUSTRE	0,50	4,0	0,06
776421	9757130	66	PALUSTRE	0,70	3,6	0,03
CONTENIDO DE NITRÓGENO (%) – FÓSFORO (mg/Kg) – POTASIO (cmol/kg)						
HUMEDAL LACUSTRE						
COORDENADAS		# PUNTO	TIPO DE HUMEDAL	NITRÓGENO %	FÓSFORO mg/Kg	POTASIO cmol/kg
X	Y					
776412	9757875	61	LACUSTRE	0,92	4,9	0,24
775304	9757325	1	LACUSTRE	1,18	12,9	0,21
776034	9756915	2	LACUSTRE	1,38	13,1	2,67
776349	9757251	3	LACUSTRE	0,10	<3,5	0,04
776582	9757571	4	LACUSTRE	0,70	3,9	0,23
776392	9757923	5	LACUSTRE	0,34	6,1	0,18
776481	9758164	6	LACUSTRE	0,65	3,80	0,21
776680	9758230	7	LACUSTRE	0,40	3,90	0,14
775608	9757579	8	LACUSTRE	0,52	5,00	0,21
776656	9757685	9	LACUSTRE	0,50	4,95	0,20

Elaborado por: Brayan Chiluiza. 2019

ANEXO L: Contenido de Azufre. Tipo de Humedal: Fluvial, Palustre y Lacustre.

CONTENIDO DE AZUFRE (mg/kg) – HUMEDAL FLUVIAL				
COORDENADAS		# PUNTO	TIPO DE HUMEDAL	AZUFRE mg/kg
X	Y			
777091	9758493	23	FLUVIAL	26,38
776905	9758362	29	FLUVIAL	16,49
773745	9757940	32	FLUVIAL	17,97
773449	9757679	38	FLUVIAL	18,42
771635	9759742	41	FLUVIAL	41,34
769475	9761847	47	FLUVIAL	13,15
773085	9757374	49	FLUVIAL	22,29
773517	9756896	50	FLUVIAL	21,29
773562	9757465	52	FLUVIAL	31,86
771635	9759742	41	FLUVIAL	41,34
CONTENIDO DE AZUFRE (mg/kg) – HUMEDAL PALUSTRE				
COORDENADAS		# PUNTO	TIPO DE HUMEDAL	AZUFRE mg/kg
X	Y			
776894	9758500	16	PALUSTRE	13,17
776939	9759275	24	PALUSTRE	26,28
777037	9758199	25	PALUSTRE	15,56
772512	9758052	33	PALUSTRE	13,13
776541	9757239	54	PALUSTRE	19,19
776412	9757875	60	PALUSTRE	43,80
775852	9756751	63	PALUSTRE	29,54
776373	9758218	64	PALUSTRE	23,45
776558	9757317	65	PALUSTRE	33,45
776421	9757130	66	PALUSTRE	33,97
CONTENIDO DE AZUFRE (mg/kg) – HUMEDAL LACUSTRE				
COORDENADAS		# PUNTO	TIPO DE HUMEDAL	AZUFRE mg/kg
X	Y			
776412	9757875	61	LACUSTRE	65,34
775304	9757325	1	LACUSTRE	55,24
776034	9756915	2	LACUSTRE	239,38
776349	9757251	3	LACUSTRE	13,31
776582	9757571	4	LACUSTRE	201,87
776392	9757923	5	LACUSTRE	37,33
776481	9758164	6	LACUSTRE	200,61
776680	9758230	7	LACUSTRE	107,59
775608	9757579	8	LACUSTRE	119,60
776656	9757685	9	LACUSTRE	118,97

Elaborado por: Brayan Chiluiza. 2019

ANEXO M: Tablas de interpretación de datos

Los rangos de interpretación de resultados tanto para pH, conductividad eléctrica como para el contenido de Materia Orgánica, Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Azufre fueron recogidos de la información de los Laboratorios de Suelos del INIAP.

Tabla de interpretación de pH.

PARÁMETRO	RANGO	INTERPRETACIÓN
pH	≤5,5	Ácido
	>5,5 – 6,5	Ligeramente ácido
	>6,5 – 7,5	Prácticamente neutro
	>7,5 – 8,0	Ligeramente alcalino
	>8,0	Alcalino

Fuente: INIAP.EESC.2002

Elaborado por: Brayan Chiluiza. 2019

Tabla de interpretación de Conductividad Eléctrica.

PARÁMETRO	RANGO	INTERPRETACIÓN
Conductividad Eléctrica	<2,0	No salino
	2,0- 3,0	Ligeramente salino
	3,1 – 4,0	Salino
	4,1 – 8,0	Muy salino

Fuente: INIAP.EESC.2002

Elaborado por: Brayan Chiluiza. 2019

Tabla de interpretación de Porcentaje (%) de Materia Orgánica.

PARÁMETRO	RANGO	INTERPRETACIÓN
Materia Orgánica (%)	<3,0	Bajo
	3,0 – 5,0	Medio
	>5,0	Alto

Fuente: INIAP.EESC.2002

Elaborado por: Brayan Chiluiza. 2019

Tablas de interpretación de contenido de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Azufre.

PARÁMETRO	RANGO	INTERPRETACIÓN
Nitrógeno (%)	<0,15	Bajo
	0,15 – 0,30	Medio
	>0,30	Alto

Fuente: INIAP.EESC.2002

Elaborado por: Brayan Chiluiza. 2019

PARÁMETRO	RANGO	INTERPRETACIÓN
Fósforo (mg/kg)	<10,0	Bajo
	10,0 – 20,0	Medio
	>20,0	Alto

Fuente: INIAP.EESC.2002

Elaborado por: Brayan Chiluiza. 2019

PARÁMETRO	RANGO	INTERPRETACIÓN
Potasio (cmol/kg)	<0,20	Bajo
	0,20 – 0,38	Medio
	>0,38	Alto

Fuente: INIAP.EESC.2002

Elaborado por: Brayan Chiluiza. 2019

PARÁMETRO	RANGO	INTERPRETACIÓN
Azufre (mg/kg)	<12,0	Bajo
	12,0 – 24,0	Medio
	>24,0	Alto

Fuente: INIAP.EESC.2002

Elaborado por: Brayan Chiluiza. 2019

ANEXO N. Reconocimiento de la zona y muestreo



Localización de la zona de estudio



Exploración de estratos de la zona de estudio



Observación de la zona de estudio



Limpieza del suelo para extracción de la muestra



Perforación de suelo con ayuda de un barreno



Obtención de muestra de suelo



Envasado de la muestra



Almacenamiento de muestra de suelo etiquetada



Muestras listas para análisis de laboratorio

ANEXO O. Análisis de laboratorio



Preparación de terrones para determinación de humedad



Pesado de terrones para determinación de humedad



Secado de terrones en estufa para determinación de humedad



Preparación de terrones para sumergirlos en parafina



Sumergión de terrones en parafina caliente para determinar la densidad aparente



Determinación de la densidad aparente



Preparación de muestra para análisis de pH



Peso de suelo para medición de pH



Determinación de pH



Preparación de muestras para medición de CE



Agitación de la submuestra



Análisis de Conductividad Eléctrica



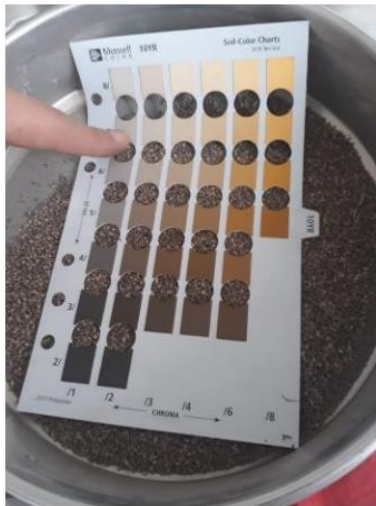
Secado de muestras



Triturado de las muestras para
tamizarlas



Tamizado de las muestras



Análisis de color



Ingreso de crisoles para determinar
MO



Análisis de Materia Orgánica

ANEXO P: Informe de análisis de suelo - AGROCALIDAD

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-F001 Rev. 5
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Hoja 1 de 2

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE-LEN-16-006

Informe N°: UN-SFA-09-1382
 Fecha emisión Informe: 10/09/2019

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Brayan Alberto Chiluiza Dávila
Teléfono¹: 0998211455
Dirección¹: Nueva York y Rocafuerte
Correo Electrónico¹: brayan.chiluizad@gmail.com
Provincia¹: Chimborazo **Cantón¹:** Riobamba
N° Orden de Trabajo: 06-2019-19
N° Factura/Documento: 010-001-0291

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo¹: ----		
Provincia¹: Chimborazo	Coordenadas¹:	X: ----
Cantón¹: Riobamba		Y: ----
Parroquia¹: ----		Altitud: ----
Muestreado por¹: Brayan Chiluiza		
Fecha de muestreo¹: 21-08-2019	Fecha de inicio de análisis: 28-08-2019	
Fecha de recepción de la muestra: 28-08-2019	Fecha de finalización de análisis: 10-09-2019	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ²	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-19-1547	Atiño 1 (AT-1)	pH a 25 °C	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	5,46
		Materia Orgánica*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	15,46
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,77
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	4,3
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,06
		Azufre*	Turbidimétrico PEE/SFA/16	mg/kg	26,38

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

¹ Datos suministrados por el cliente; el laboratorio no se responsabiliza por esta información.