



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**DETERMINACIÓN DE NUTRIENTES EN SEDIMENTOS
LACUSTRES DE LA LAGUNA DE YAMBO, PROVINCIA DE
COTOPAXI**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: EVELIN MARICELA ANDRANGO ASHQUI

DIRECTOR: Ing. ANDRÉS AGUSTIN BELTRÁN DÁVALOS

Riobamba – Ecuador

2022

©2022, Evelin Maricela Andrango Ashqui

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, EVELIN MARICELA ANDRANGO ASHQI, 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 autora 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, 11 de agosto de 2022

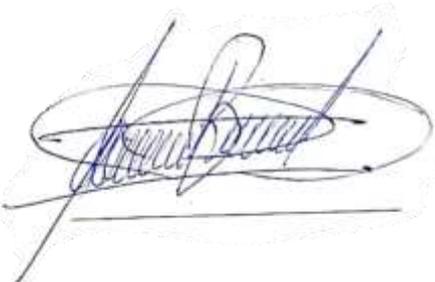


Evelin Maricela Andrango Ashqui

C.I. 1719678755

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

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación: Tipo: Proyecto de Investigación, **DETERMINACIÓN DE NUTRIENTES EN SEDIMENTOS LACUSTRES DE LA LAGUNA DE YAMBO, PROVINCIA DE COTOPAXI**, realizado por la señorita: **EVELIN MARICELA ANDRANGO ASHQI**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Sofia Carolina Godoy Ponce, Mgs PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-08-11
Ing. Andrés Agustín Beltrán Davalos DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2022-08-11
Ing. María Soledad Nuñez Moreno MIEMBRO DE TRIBUNAL		2022-08-11

DEDICATORIA

El Trabajo de Titulación se lo dedico a mi madre Olga Dolores Ashqui Tisalema, quien ha sido la persona que me ha brindado todo su amor y apoyo incondicional, por estar siempre presente durante todo este proceso, por su esfuerzo constante en que nunca nos falte nada. A Polibio Acurio, uno de los seres más importantes en mi vida a quien le agradezco todo su apoyo, sus palabras siempre acertadas y por estar con nosotros en todo momento. A mi hermano Kevin Andrango por siempre creer en mí. A mis amigos por haberme brindado su amistad, apoyo y compañía durante este periodo por el que vivimos un sin número anécdotas. Finalmente, a mi pareja quien me ha dado todo su amor y confianza.

Evelin

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme salud y vida, por no dejarme perder la fe de poder alcanzar mis metas planteadas durante mi carrera profesional.

A mi madre por su amor y fuerza admirable, a Polibio Acurio y a mi hermano, por haber estado presentes y nunca dejarme claudicar ante las adversidades.

Mi sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por el conocimiento impartido a través de su grupo de docentes durante mi formación académica.

Al Grupo de Investigación y Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático por permitirme la utilización de sus instalaciones y equipos, admitirme formar parte de su proyecto otorgándome experiencia laboral.

Al Ing. Andrés Beltrán e Ing. Freddy Armijos por su tiempo, guía y apoyo, así como también sus conocimientos, lo que permitió que logre culminar con éxito el trabajo de titulación.

Finalmente, agradezco, la buena voluntad y apoyo de todos aquellos que estuvieron presentes durante todo este proceso de realización de trabajo de titulación.

Evelin

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
INDICE DE GRAFICOS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
1.1. Antecedentes.....	4
1.2. Bases Teóricas Generales.....	4
1.2.1. <i>Sistemas lacustres características y funciones</i>.....	4
1.2.1.1. <i>Características de los sistemas lacustres</i>.....	5
1.2.1.2. <i>Clasificación de los sistemas lacustres</i>.....	5
1.2.2. <i>Funciones ecosistémicas de los sistemas lacustres</i>.....	6
1.2.3. <i>Características de los sedimentos lacustres</i>.....	8
1.2.3.1. <i>Características físicas de los sedimentos lacustres</i>.....	8
1.2.3.2. <i>Características químicas de los sedimentos lacustres</i>.....	8
1.2.3.3. <i>Características microbiológicas de los sedimentos lacustres</i>.....	9
1.2.3.4. <i>Características ecológicas de los sedimentos lacustres</i>.....	9
1.2.4. <i>Ciclos biogeoquímicos en sedimentos de sistemas lacustres</i>.....	10
1.2.4.1. <i>Ciclo del nitrógeno</i>.....	10
1.2.4.2. <i>Ciclo del fosforo</i>.....	11
1.2.4.3. <i>Ciclo del azufre</i>.....	13
1.2.5. <i>Eutrofización en sistemas lacustres</i>.....	14
1.2.6. <i>Interacción entre agua y sedimento</i>.....	14
1.2.7. <i>Nutrientes en sedimentos lacustres</i>.....	15
1.2.7.1. <i>Efecto de la capacidad de intercambio catiónico en los sedimentos</i>.....	16
1.3. Bases conceptuales.....	16
1.3.1. <i>Sistema Lacustre</i>.....	16
1.3.2. <i>Sedimentos lacustres</i>.....	17
1.3.3. <i>Eutrofización</i>.....	17
1.3.4. <i>Intercambio catiónico</i>.....	17

1.3.5.	<i>Ciclo biogeoquímico</i>	17
1.3.6.	<i>pH</i>	18
1.3.7.	<i>Textura</i>	18
1.3.8.	<i>Color</i>	18
1.3.9.	<i>Materia orgánica</i>	19
1.3.10.	<i>Carbono orgánico total y Nitrógeno</i>	19
1.3.11.	<i>Fosforo</i>	20
1.3.12.	<i>Sodio</i>	21
1.3.13.	<i>Potasio</i>	21
1.3.14.	<i>Calcio</i>	21
1.3.15.	<i>Oxígeno disuelto</i>	21

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	23
2.1	Zona de estudio	23
2.1.1	<i>Ubicación geográfica</i>	23
2.2.	Muestreo	24
2.3.	Determinación de los puntos de muestreo	24
2.4.	Tipo de investigación	26
2.5.	Población de estudio y/o tamaño de la muestra y/o método de muestreo	26
2.6.	Técnicas de recolección de datos	26
2.6.1.	<i>Métodos para análisis de sedimentos</i>	27
2.7.	Toma de muestras	28
2.8.	Tratamiento de las muestras	28
2.9.	Análisis de las muestras en laboratorio	29
2.9.1.	<i>pH</i>	29
2.9.2.	<i>Conductividad eléctrica</i>	29
2.9.3.	<i>Color</i>	30
2.9.4.	<i>Textura</i>	31
2.9.5.	<i>Materia orgánica</i>	33
2.9.6.	<i>Fósforo</i>	35
2.9.7.	<i>Carbono orgánico total</i>	36
2.9.8.	<i>Nitrógeno</i>	36
2.9.9.	<i>Oxígeno disuelto</i>	37
2.9.10.	<i>Potasio, calcio, magnesio, sodio</i>	37
2.9.11.	<i>Procesamiento de datos</i>	38

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
3.1.	Análisis e interpretación de los resultados.....	39
3.1.1.	<i>Color</i>	39
3.1.2.	<i>Textura</i>	39
3.2.	Resultados de frecuencia de los diferentes parámetros	39
3.3.	Relación entre los diferentes parámetros y nutrientes	46
3.4.	Resultados análisis estadístico.....	49
3.5.	Resultados de correlaciones entre los diferentes parámetros	54
	CONCLUSIONES.....	56
	RECOMENDACIONES.....	57
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2. Coordenadas de los puntos tomados para el muestreo.....	25
Tabla 2-2. Métodos para análisis de sedimentos.....	27
Tabla 3-2. Temperaturas y tiempo para recolección de muestras	31
Tabla 4-2. Relación textura con Capacidad de intercambio catiónico	37
Tabla 5-2. Rangos de coeficientes de correlación.....	38
Tabla 6-3. Resultados de análisis estadístico	49
Tabla 7-3. Resultados de análisis estadístico	52
Tabla 8-3. Matriz de correlación con los diferentes parámetros	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Ciclo del fósforo.....	12
Figura 2-1. Ciclo del azufre	13
Figura 3-2. Laguna de Yambo	23
Figura 4-2. Ubicación geográfica del área objeto de estudio.....	24
Figura 5-2. Ubicación de los puntos de muestreo	25
Figura 6-2. Toma de la muestra	28
Figura 7-2. Preparación de las muestras	29
Figura 8-2. Conductividad eléctrica.....	30
Figura 9-2. Medición de color.....	30
Figura 10-2. Textura	33
Figura 11-2. Materia orgánica.....	35
Figura 12-2. Medición de fósforo	36
Figura 13-2. Medición de nutrientes.....	38

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2. Triangulo de textura del suelo	33
Gráfico 2-3. Frecuencia de la profundidad de la laguna de Yambo	39
Gráfico 3-3. Frecuencia del pH de la laguna de Yambo	40
Gráfico 4-3. Frecuencia de la conductividad eléctrica de la laguna de Yambo	40
Gráfico 5-3. Frecuencia de la materia orgánica de la laguna de Yambo.....	41
Gráfico 6-3. Frecuencia del fosforo de sedimentos de la laguna de Yambo	42
Gráfico 7-3. Frecuencia del carbono orgánico total de sedimentos de la laguna de	42
Gráfico 8-3. Frecuencia del nitrógeno de sedimentos de la laguna de Yambo	43
Gráfico 9-3. Frecuencia del potasio de sedimentos de la laguna de Yambo	44
Gráfico 10-3. Frecuencia del CICE de sedimentos de la laguna de Yambo	44
Gráfico 11-3. Frecuencia del oxígeno disuelto de sedimentos de la laguna de Yambo	45
Gráfico 12-3. Relación oxígeno disuelto con macronutrientes de los sedimentos de la laguna de Yambo	46
Gráfico 13-3. Relación oxígeno disuelto con micronutrientes de los sedimentos de la laguna de Yambo	47
Gráfico 14-3. Relación materia orgánica (MO), Carbono orgánico total.....	47
Gráfico 15-3. Relación entre nutrientes	48
Gráfico 16-3. Micronutrientes.....	49

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

ANEXO B. PREPACION DEL BOTE

ANEXO C. PREPARACION DEL BOTE PARA INGRESO A LA LAGUNA

ANEXO D. RECOLECCION DE MUESTRAS

ANEXO E. SECADO DE LAS MUESTRAS

ANEXO F. DETERMINACION DE COLOR DE LAS MUESTRAS

ANEXO G. MEDICIOIN DE PH Y CONDUCTIIDAD ELECTRICA

ANEXO H. DETERMINACION DE TEXTURA DE LAS MUESTRAS

ANEXO I. DETERMINACION DE MATERIA ORGANICA DE LAS MUESTRAS

ANEXO J. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

ANEXO K. MEDIDCION DE NUTRIENTES

RESUMEN

La presente investigación determinó los nutrientes en los sedimentos lacustres de la laguna de Yambo ubicada la provincia de Chimborazo. Se recogieron 26 muestras que fueron tomadas de manera aleatoria con una distancia entre ellas de aproximadamente 100 metros. Las muestras fueron tratadas, secadas y tamizada, a continuación, se realizaron los análisis de pH, color, materia orgánica, carbono orgánico total, fósforo, textura, conductividad eléctrica, calcio, sodio, potasio, magnesio y nitrógeno en el laboratorio de calidad de agua de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de acuerdo con la metodología para cada parámetro. Los resultados muestran que los nutrientes determinantes fueron P menor que K, menor que N, menor que Na, menor que Ca, menor que Mg; la capacidad de intercambio catiónico se encontró en un rango aceptable para proporcionar nutrientes, y fueron sedimentos de tipo arcilla y margas arcillosas, los nutrientes macro y micro estudiados, no resultaron tener alguna relación con el oxígeno disuelto del agua de la laguna, sin embargo se evidenció lo contrario en cuanto a materia orgánica y carbono orgánico total, ya que si uno de ellos baja el otro lo hace de la misma forma y viceversa de acuerdo a los datos. Por lo que se recomienda realizar estudios al fitoplancton para establecer alguna relación ya que en sedimentos no se presentó mayor relevancia.

Palabras clave: <NUTRIENTES>, <CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO>, <OXIGENO DISUELTO>, <MATERIA ORGÁNICA>, <CARBONO ORGÁNICO TOTAL>.



ABSTRACT

The current research determined the nutrients present in the lake sediments of Yambo lagoon, located in Chimborazo Province. Twenty-six samples were randomly collected with an approximate distance of 100 meters. The samples were treated, dried and sieved, then pH, color, organic matter, total organic carbon, phosphorus, texture, electrical conductivity, calcium, sodium, potassium, magnesium and nitrogen were analyzed in the laboratory for the water quality, belonging to the Science Faculty of Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, this was carried out according to the methodology for each parameter. The results revealed that the determinant nutrients were P lower than K, lower than N, lower than Na, lower than Ca and lower than Mg; the cationic exchange capacity was acceptable to provide nutrients like clay sediments and clay loam, the macro and micro nutrients studied did not have any relationship with the dissolved oxygen present in the water of the lagoon; however, it was the opposite for organic matter and total organic carbon, since if one of them decreases, the other decreases in the same way and vice versa according to the data. Thus, it is recommended to carry out studies on phytoplankton in order to establish a relationship, since the sediments did not reflect a higher relevance.

Keywords: <NUTRIENTS>, <CATIONIC EXCHANGE CAPACITY>, <DISSOLVED OXYGEN>, <ORGANIC MATTER>, <TOTAL ORGANIC CARBON>.



Lic. Paul Rolando Armas Pesantez. Mg

C.I. 0603289877

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La laguna de Yambo es una laguna eutrofizada con un alto grado de intervención humana o antrópica por la cantidad de turistas que acuden a ella que según (Maña 2016, p. 56) al lugar llega un promedio aproximado de 328 personas, así como la presencia de botes a motor fuera de borda que poseen diversas operadoras turísticas allí establecidas. Está cercana a una carretera de primer orden con alto tráfico, el transporte pesado a diésel que pasa por la Panamericana sur emite gases a la atmósfera, gases que por procesos de precipitación caen a la laguna, llevando de ese modo contaminantes a sus aguas, que por procesos de intercambio entre el agua y los sedimentos aumentan la concentración de nutrientes. Los lagos funcionan como depósitos que contienen sedimentos, lo que significa una fuente de nutrientes que son esenciales en el proceso de eutrofización (Wetzel, 1981. p. 44).

Tal como lo indican (Orqueda E. y Cabrera M., 2019, p. 28) en su estudio, un estado eutrófico de los cuerpos de agua está relacionado con la cantidad de nutrientes introducidos producto de actividades antropogénicas que suceden alrededor, dando como consecuencia el posible aumento rápido de biomasa, además de la pérdida de la biodiversidad de la propia laguna. El estado Trófico, en la época seca se tienen $73,70 \pm 3,92$ y $78,01 \pm 0,29$ y en la época húmeda, $72,22 \pm 2,44$ y $76,67 \pm 1,41$. Así como también en el estudio “Determinación del estado trófico de la laguna de Yambo a través de la cuantificación de clorofila “A” realizado por (Toapanta, 2017, p. 82), resultó una concentración de clorofila “a” de $89,71 \text{ mg/m}^3$ y un valor de TSI 73,61, que se encuentra dentro del rango de 70 a 80, característica del nivel eutrófico.

Los estudios previos realizados en la laguna han sido analizando el agua, como los anteriormente mencionados, al igual que el de (Erriaz, 2019, p. 16) “Caracterización físico – química y bacteriológica de aguas de la laguna de Yambo de la zona central del Ecuador”, pero las concentraciones de nutrientes en los sedimentos lacustres son desconocidas. En nuestro país, existe una diversidad de lagunas y lagos de alta montaña, sin embargo, pocos de ellos son objetos de estudio, tal es el caso de la de Yambo que presenta estudios en diferentes campos, pero muy pocos relacionados al campo limnológico (Toapanta, 2017, p.74).

JUSTIFICACIÓN

Las lagunas son parte importante del ecosistema del país, contienen variedad de fauna y flora, el conocimiento del estado actual en el que se encuentran permite tomar acciones en cuanto a reducir el nivel de contaminación, saber sus características físicas, químicas y microbiológicas de sus aguas, de sus sedimentos y su entorno hará que se acumule información suficiente para futuras decisiones. Además de que conservar este tipo de sistemas y se reduzca el daño en ellos trae consigo la reacción de la contaminación global que en el presente es un asunto con el cual se lucha.

La realización de una investigación que pretende determinar los nutrientes presentes en la laguna de yambo permitirá recopilación de información, que no ha sido establecida con anterioridad en estudios previos, investigaciones sobre lagunas se han centrado en el aspecto social así como en la calidad del agua, el análisis de la influencia de distintos parámetros físicos y químicos en el estado actual de la laguna supone un mejor manejo y gestión del recurso, de que aporta a la falta de información limnología que posee Ecuador acerca de sus lagunas.

Adicional a ello, el Grupo de Investigación-Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático (GIDAC) de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo viene desarrollando investigaciones en sistemas lacustres como por ejemplo “Los sistemas lacustres del centro del Ecuador como fuentes de almacenamiento o secuestro de carbono”, y el tema propuesto en este estudio aportará al trabajo que realizan en dicho grupo. Además, se generará información actual para estudios posteriores que se quieran realizar en la misma zona.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar los nutrientes de los sedimentos lacustres de la laguna de Yambo, provincia de Cotopaxi

Objetivos específicos

- Identificar los nutrientes determinantes en la calidad de sedimentos lacustres
- Analizar la capacidad de intercambio catiónico de los sedimentos lacustres de la laguna de Yambo
- Evaluar la incidencia de los nutrientes depositados en los sistemas lacustres con el oxígeno disuelto de la laguna de Yambo

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

Ecuador, al encontrarse situado en la zona ecuatorial se caracteriza por poseer gran variedad de flora y fauna, la cual se encuentra relacionada con ciertos factores ambientales tales como: clima, topografía, suelo, entre otros variables; dando origen a la formación de diversos ecosistemas naturales que cohabitan con diferentes tipos de especies y permanecen expuestos a riesgos y peligros ocasionados por actividades antropogénicas desarrolladas sobre este medio (Ministerio de Ambiente del Ecuador 2012, p. 12).

La zona andina se caracteriza por poseer un tipo especial de sistemas acuáticos de alta montaña, sin embargo, al ser ecosistemas poco estudiados se cuenta con escasa información en cuanto a procesos físicos, químicos, biológicos e hidrodinámicos que ocurren dentro de estos cuerpos de agua (Gunkel 2003, p. 25).

Las únicas investigaciones en torno a sedimentos lacustres se han realizado en la laguna Limoncocha (Ordoñez, 2013, p. 17), estudios en lagunas como la laguna de Mojanda, laguna de Colta han sido realizados para saber el estado trófico de las mismas con relación a fosfatos y nitratos el primero y en cuanto a clorofila “A” el segundo, mientras que en la laguna de Yambo que será el objeto de este estudio, no se han realizado estudios similares a los de las lagunas mencionadas (Toapanta, 2017, p. 82).

1.2. Bases Teóricas Generales

1.2.1. Sistemas lacustres características y funciones

Los lagos no son una masa uniforme de agua; de hecho, son sistemas extremadamente no uniformes y complejos. Las propiedades físicas reales de un lago, como su profundidad, forma y temperatura del agua se suman a esta complejidad a través de factores como la sedimentación y la circulación del agua.

1.2.1.1. Características de los sistemas lacustres

Estos sistemas representan el 90% del agua dulce en el mundo siendo comprendidos por lagos, ríos, lagunas, humedales (Ma et al., 2022). La cantidad de vegetación determinará el aporte de sedimentos a estos sistemas, mientras menos sea mayor será el incremento de sedimentos ya que habrá más procesos de erosión. Los lagos tienden a cambiar de acuerdo con el clima y zona donde se encuentren, los que son en proporción grandes sufren menos variaciones con el tiempo ya que contienen cantidades mayores de agua, mientras que los pequeños varían más sus propiedades (Arizala, 2018, p.4). El aporte de agua se produce por las precipitaciones y gracias a escorrentías subterráneas se mantiene en equilibrio la cantidad que contiene. Además, son medios de supervivencia para la gran fauna y flora que contienen por lo tanto son de suma importancia para el ecosistema.

1.2.1.2. Clasificación de los sistemas lacustres

Los lagos representan el 3 % de las superficies continentales globales y se investigan dentro de numerosas disciplinas científicas. Como consecuencia, se agrupan diversamente en una amplia gama de clasificaciones. Las ciencias ambientales clasifican los lagos en función de parámetros físicos y químicos. Por ejemplo, la clasificación de los lagos puede basarse en modalidades mixtas y categorías como amíctica, monomíctica o polimíctica. La productividad biológica de un lago también se considera como un parámetro valioso para categorizar los lagos como cuerpos de agua oligotróficos, mesotróficos o eutróficos. El origen que ha tenido un lago también puede proporcionar otra base para la clasificación del lago. Se invocan once orígenes, aunque los lagos tectónicos, volcánicos y glaciares son las únicas categorías que se considera que existen y evolucionan durante un período a largo plazo (Nutz et al., 2018, p.195).

La clasificación trófica del lago, o clasificación del grado de envejecimiento del lago, a menudo se clasifica utilizando algún tipo de sistema de calificación establecido que asigna puntos a ciertas características del lago (contenido de oxígeno, biomasa de algas, material vegetal, claridad, etc.). Este sistema de puntos permite que un limnólogo asigne un cierto valor para cada una de las categorías de los sistemas. Diferentes limnólogos usan diferentes sistemas de clasificación, pero las categorías (oligotrófica, mesotrófica y eutrófica) son las mismas (NALMS, 2022).

Si un lago poseyera niveles muy altos de oxígeno disuelto, una lectura de alta transparencia, un crecimiento escaso de plantas vasculares y niveles relativamente bajos de crecimiento de

plancton, el lago se clasificaría como oligotrófico o un lago “joven”. Los lagos con niveles más bajos de oxígeno disuelto, una lectura de poca transparencia, abundantes plantas acuáticas vasculares y altos niveles de clorofila-a (lo que significa altas poblaciones de plancton) reciben más puntos y se denominan "envejecidos" o eutróficos. Un lago que se encuentra entre los dos extremos de eutrófico y oligotrófico se denomina mesotrófico. Esta etapa del desarrollo del lago se puede denominar mejor como "mediana edad" (NALMS, 2022).

1.2.2. Funciones ecosistémicas de los sistemas lacustres

Los ecosistemas brindan todo tipo de beneficios, como bienes o servicios, para la humanidad; estos beneficios se conocen como servicios ecosistémicos. En general, estos servicios se dividen en cuatro categorías:

Provisión, como la producción de alimentos y agua:

- Abastecimiento de agua dulce para uso doméstico, agrícola e industrial. El IJsselmeer, por ejemplo, es una de las reservas de agua dulce más grandes de Europa y proporciona agua de riego al 30 % de los Países Bajos durante los veranos secos, agua para enjuagar la tierra para evitar la salinización de los suelos y agua potable para un millón de personas.
- Producción de pescado: la pesca es un sector importante en muchos lagos.
- Oportunidades para el turismo: este también suele ser un sector económico importante.
- Suministro de materiales de construcción (principalmente arena).

Regulación, como la retención del suelo:

- Protección del interior contra las marejadas ciclónicas entrantes mediante barreras y estructuras en los lagos.
- Seguridad frente a inundaciones de zonas interiores por la capacidad de almacenamiento de lagos para aguas de río o de precipitación.
- Almacenamiento de agua de los excedentes de agua en invierno o época de lluvias, para ser utilizada en verano o época seca.
- Prevención de la descarga de sedimentos de las orillas al lago durante eventos de inundación por el efecto estabilizador de la vegetación natural de ribera.
- Purificación del agua y control de la contaminación mediante la absorción, filtración y dilución de nutrientes, contaminantes y otros desechos.

- Control de enfermedades al prevenir la expansión de bacterias y microbios que posiblemente afecten a las personas.

Culturales, tales como beneficios recreativos:

- Posibilidades de actividades recreativas como tomar el sol, nadar, pescar, observar aves, andar en canoa y navegar. Gran parte de la población humana vive y trabaja en ciudades cercanas a los lagos, por lo que este servicio ecosistémico es valioso para muchas personas.
- Inspiración espiritual atribuida a cierto lago.
- Una sensación de serenidad y espacio.
- Estética del paisaje.
- Patrimonio cultural e identidad.

Apoyo, como los ciclos de nutrientes:

- Ciclo de nutrientes.
- En parte debido a las diferencias espaciales en la vegetación, los lagos proporcionan una amplia diversidad de hábitats para los invertebrados y los peces (juveniles).
- Ciclo del agua mediante el almacenamiento, regulación y recarga de aguas superficiales y subterráneas.
- Muchas playas costeras poco profundas ofrecen hábitats de cría para, p. pescado y ostras.
- Provisión de hábitats de anidación, descanso y alimentación para aves acuáticas y aves migratorias a lo largo de diques, presas, en bermas/islas, llanos.
- Hábitat de especies de agua dulce.
- Los lagos pueden proporcionar un importante suministro de alimentos a las poblaciones internacionales de aves acuáticas que se alimentan de peces y mejillones.
- La suave pendiente natural de las costas da como resultado grandes áreas de aguas poco profundas que ofrecen condiciones favorables para que florezcan las plantas acuáticas y ribereñas (ECOSHAPE, 2022).

Proporcionan un hábitat importante para la vida silvestre, incluidos los peces y otras especies acuáticas, muchas especies de aves y una multitud de mamíferos. Los lagos también proporcionan importantes servicios ecosistémicos. Actúan como reguladores naturales del caudal de los ríos, atrapando sedimentos y nutrientes de los ríos y arroyos que desembocan en ellos. Las plantas ribereñas que crecen a lo largo de las costas ayudan a estabilizar los sedimentos y proporcionan hábitats complejos para los animales terrestres (Whitefish Lake Institute, 2019).

1.2.3. Características de los sedimentos lacustres

Los sedimentos lacustres provienen de diversas fuentes, pueden llegar a ellos por desembocaduras directas a los lagos, por acción del viento llevando materiales al interior, de igual porfa pueden ser llevador por la fauna presente en la zona o generarse por la flora que allí exista.

1.2.3.1. Características físicas de los sedimentos lacustres

Generalmente los sedimentos se clasifican de acuerdo con su tamaño: los que se encuentran en la costa de los lagos son los guijarros, las rocas y arenas gruesas, mientras que en el interior se encuentran los propios lodos. Los sedimentos lacustres en su mayoría consisten en limos y arcillas, estas últimas presentan varios colores, siendo de color negro cuando contienen cantidades grandes de materia orgánica o concentraciones de sulfuros, de color blanco dan indicio de concentraciones altas de carbonato de calcio. Y pueden contener restos de ceniza volcánica que son llevados a los lagos por la actividad volcánica cercana e influencia de los vientos, de esta forma se depositan en el cuerpo de agua.

1.2.3.2. Características químicas de los sedimentos lacustres

Los sedimentos lacustres contienen carbonatos de calcio, sodio, magnesio, dolomita, sales de halita, yeso y sulfato, la acumulación de dolomita ocurre cuando en un lago alcalino se combinan el carbonato de calcio y el carbonato de magnesio, en lagos salinos la deposición de yeso ocurre cuando están presentes en el calcio, sulfuro y sulfato de hidrogeno. El carbonato de calcio puede precipitarse debido a los procesos de fotosíntesis, cuando la materia vegetal absorbe bicarbonato y dióxido de carbono, haciendo que se eleve el pH del lago a más de 9. El sulfuro de hidrogeno se forma en partes del lago que carecen de oxígeno, esta carencia es debido al material biológico y su descomposición. Son llamados lagos amargos a los cuales contienen concentraciones altas de sulfato de sodio y son lagos alcalinos aquellos que contienen carbonato de sodio (Lane, 2019).

Cerca de la interfase del lado sedimento-agua, se pueden generar condiciones anaeróbicas es decir de oxígeno cero, esto debido a la descomposición del material sedimentado. Las descargas de desechos al cuerpo de agua que sean ricos en materia orgánica, así como también la degradación de materia orgánica que se encuentre en descomposición, generan que la actividad microbiana aumente lo que a su ve provoca que el oxígeno disuelto OD se vea disminuido.

Dichos niveles de concentración de OD influirán en los del potencial redox (Mwamburi, 2018, p.32).

Donde la entrada de clásticos al lago es limitada, puede predominar la sedimentación química, que incluye evaporitas y carbonatos. Donde la evaporación excede el flujo de entrada, la salinidad puede llegar a ser mayor que la de los océanos. A medida que avanza la evaporación y desciende el nivel del lago, se precipitan secuencialmente carbonato, yeso y halita, y estos pueden ser seguidos por sales de potasio y magnesio. Sin embargo, la mayoría de los carbonatos lacustres se forman en ambientes donde no hay gran evaporación, pero sí fluctuaciones en el pH. Por lo general, contienen una gran cantidad de iones de carbonato de la disolución del lecho rocoso circundante y están en equilibrio general con el CO₂ atmosférico. Cambios en el pH inducidos por el crecimiento de las plantas y el calentamiento, que afectan la concentración de CO₂ en los lagos. Las acumulaciones de carbonato características incluyen oncolitas (también conocidas como galletas de algas) formadas por/a partir de algas calcáreas de agua dulce (UNIVERSITY OF MARYLAND, 2021).

1.2.3.3. Características microbiológicas de los sedimentos lacustres

Los microorganismos en los sedimentos de un lago tienen un papel importante en la regulación de los procesos biogeoquímicos como el ciclo del carbono, fósforo, nitrógeno y azufre (Pearman et al., 2020). Los organismos microbianos son sin duda numéricamente dominantes y tienen la mayor diversidad en varios ecosistemas. Sin embargo, los estudios que exploran sus relaciones con los gradientes altitudinales son pocos y se limitan a suelos terrestres, biopelículas, y organismos planctónicos (Wang et al., 2017). Ejemplo de ello son las Anabaenas, una especie de cianobacterias, un género muy común en los lagos (Einarsson et al., 2004).

Las proteobacterias predominan en las comunidades de sedimentos, estas bacterias desempeñan un papel vital en la degradación y el metabolismo en los sedimentos del lago. Las bacterias nitrificantes incluyen la familia Nitrosomonadaceae de bacterias oxidantes de amoníaco (AOB) y el género *Nitrospira* de bacterias oxidantes de nitritos (NOB) (Pearman et al., 2020).

1.2.3.4. Características ecológicas de los sedimentos lacustres

Los organismos acuáticos de los lagos están expuestos a los diferentes contaminantes como lo son nutrientes, materia orgánica, metales pesados, hidrocarburos, así como otras sustancias

como por ejemplo pesticidas, etc, que, debido a su característica hidrofóbica, cuando se depositan se asocian con los sedimentos. Lo que provoca que las comunidades bénticas allí presentes experimenten diferentes exposiciones a los contaminantes nombrados (Lyauley et al., 2021).

Una diversidad de organismos se encuentra en el fondo sedimentado de los lagos, como lo son las comunidades de plancton, dafnidos a los cuales colonias de cianobacterias interfieren en su mecanismo de alimentación, zoobentos la cual es una comunidad bentónica dominada por los quironómidos (Einarsson et al., 2004).

1.2.4. Ciclos biogeoquímicos en sedimentos de sistemas lacustres

1.2.4.1. Ciclo del nitrógeno

En los lagos el nitrógeno junto con sus diferentes compuestos forma parte de un complejo sistema ya que aparece como compuestos orgánicos, nitrito y nitrato, nitrógeno libre en solución y amoníaco. Las fuentes de compuestos de nitrógeno incluyen los afluentes del lago (la fuente más importante), la fijación en el lago y la precipitación. Las pérdidas se experimentan principalmente a través de los efluentes, pero también por la desnitrificación, la formación de sedimentos y la pérdida a la atmósfera (Lane, 2019, párr. 28).

El ciclo del nitrógeno bentónico juega un papel clave para el desarrollo de la vida en los ambientes acuáticos, así como para comprender el estado trófico de los lagos. Esto es especialmente relevante en el enriquecimiento de nutrientes de los lagos oligotróficos, que comúnmente tienen una limitación de N, sensibles a la deposición de nitrógeno atmosférico y al aumento de la captación de agua. La limitación de nitrógeno puede ser más severa en las zonas bénticas profundas donde la luz es insuficiente para los productores primarios fotótrofos, especialmente las cianobacterias fijadoras de nitrógeno. La disponibilidad de nitrógeno fijo de fuentes geológicas o materia orgánica en descomposición, por ejemplo, en forma de amonio (NH_4^+) o amoníaco (NH_3), puede verse limitada aún más por su mineralización a través de actividades de nitrificación. La oxidación del amoníaco (NH_3) a nitrito (NO_2^-) es la primera reacción del proceso de nitrificación en la naturaleza y es catalizada por bacterias ubicuas (bacterias oxidantes de amoníaco, AOB) o arqueas (arqueas oxidantes de amoníaco, AOA). La segunda reacción es la oxidación de nitrito a nitrato (NO_3^-) por bacterias oxidantes de nitrito (NOB) (Parro et al., 2019).

1.2.4.2. Ciclo del fósforo

En los sistemas de agua dulce, el fósforo (P) es un nutriente limitante clave, y una carga excesiva de P a menudo da como resultado la eutrofización y la proliferación de cianobacterias. La reducción de la carga externa de P no siempre ha resultado en una recuperación rápida de la eutrofización. Tales respuestas tardías generalmente fueron causadas por la liberación interna de P del sedimento (Fan et al., 2018).

El fósforo se distribuye a través de agua, rocas, suelos, organismos y sedimentos. A través del tiempo de las rocas se liberan iones de fosfato, así como también otros minerales por acción de la intemperie y la lluvia. Convertido en fosfato inorgánico pasa a formar parte de los suelos y agua, que luego son alimento de los animales presentes en las zonas, y dentro ya de estos organismos el nutriente se integra a sus moléculas como lo es el ADN. Y cuando la planta o el animal fallecen, entran en proceso de descomposición y el nutriente en forma de fosfato orgánico regresa a ser parte del suelo. Dentro del suelo, las bacterias que descomponen la materia orgánica en formas inorgánicas de fósforo pueden poner a disposición de las plantas formas orgánicas de fosfato. Este proceso se conoce como mineralización. El fósforo en el suelo puede terminar en las vías fluviales y eventualmente en los océanos. Una vez allí, puede incorporarse a los sedimentos con el tiempo (University of Waikato, 2013).

Tiene cuatro componentes principales: levantamiento tectónico y exposición de las rocas que contienen fósforo a las fuerzas de meteorización, la erosión física y la meteorización química de las rocas que producen suelos y proporcionan fósforo disuelto y en partículas a los ríos, transporte fluvial de fósforo a los lagos y al océano; y sedimentación de fósforo asociado a materia orgánica y mineral y enterramiento en sedimentos. El ciclo comienza de nuevo con el levantamiento de sedimentos en el régimen de meteorización (Ruttenberg, 2013, p.585).

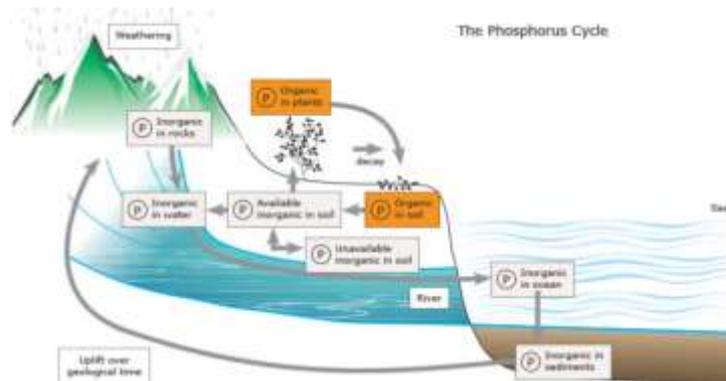


Figura 1-1. Ciclo del fósforo

Fuente: University of Waikato, 2013.

Existe desacuerdo sobre la importancia relativa de un papel microbiano indirecto frente a uno directo en el flujo de fosfato béntico desencadenado por cambios en el estado redox de las aguas y sedimentos del fondo. El punto de vista clásico es que la reducción microbiana y la reoxidación/reprecipitación de los oxihidróxidos férricos controla la liberación de P versus la retención de P por parte de los sedimentos en virtud de la alta afinidad de sorción de los oxihidróxidos férricos por el fosfato; un efecto microbiano indirecto sobre el flujo de P bentónico. Si bien este mecanismo claramente es importante, se ha demostrado que las bacterias en los sedimentos superficiales toman y liberan fosfato directamente en respuesta a cambios en el estado, presumiblemente debido a cambios en la fisiología desencadenados por redox. La importancia relativa de estas dos vías para el ciclo del fósforo en la interfaz sedimento-agua no está clara. Además, si la importancia relativa de estos dos mecanismos es diferente en los sistemas lacustres y marinos es una cuestión importante sin resolver. En un esfuerzo por sistematizar las diferencias en la magnitud absoluta de la salida de fosfato béntico en sistemas de agua dulce versus marinos, argumentan que se produce una liberación de P bentónico más eficiente en el lago en relación con los sedimentos marinos como consecuencia directa de la presencia de mayor cantidad de sulfato en el agua de mar, y que las condiciones redox ejercen un control secundario. Sin embargo, este argumento es demasiado simplista porque las condiciones redox controlan la producción de sulfuro a partir de sulfato, y es la eliminación del hierro ferroso de la solución en sulfuros ferrosos insolubles lo que desacopla los ciclos del hierro y el. Por lo tanto, la presencia de sulfato es un criterio necesario, pero no suficiente para explicar las diferencias en el ciclo del P bentónico en sistemas marinos versus de agua dulce; las condiciones redox son un factor igualmente crucial (Ruttenberg, 2013, p.594).

1.2.4.3. Ciclo del azufre

Los procesos incluyen reacciones químicas, vías catalizadas por microbios y una combinación de ambas. La reducción del sulfato (SO_4^{2-}) a sulfuro ($\text{H}_2\text{S} + \text{HS}^- + \text{S}^{2-}$) es impulsada por la oxidación del carbono orgánico enterrado (C_{org}), complementada por la oxidación anaeróbica del metano (CH_4) en el subsuelo transición sulfato-metano (SMT). La reducción de manganeso y hierro se enfoca hacia el sedimento superficial, pero el Fe(III) también está enterrado y actúa como un oxidante para el sulfuro en las capas más profundas del sedimento donde se une en parte al sulfuro producido como sulfuro de hierro (FeS) y pirita (FeS_2). La pirita es el producto final de la formación de minerales de sulfuro de hierro y proporciona un sumidero profundo para el azufre. Aquí se analizan dos vías de formación de pirita, la “vía del polisulfuro” y la “vía del H_2S ”. La sulfuración de la materia orgánica enterrada proporciona un sumidero profundo adicional para el azufre. Especies intermedias de azufre, como azufre elemental (S^0), tiosulfato ($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$), tetratiónato ($\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$) y sulfito (SO_3^{2-}), se forman durante la oxidación del sulfuro por, por ejemplo, Fe(III) enterrado. Estos intermedios pueden reducirse nuevamente a sulfuro, oxidarse aún más a sulfato o desproporcionarse para formar tanto sulfuro como sulfato. En sedimentos muy sulfurosos, una parte del sulfuro se difunde hacia el sedimento superficial donde puede ser oxidado por bacterias del cable, por bacterias grandes del azufre como *Beggiatoa* spp., o por otros oxidantes de sulfuro menos conspicuos. Las diferentes vías de oxidación del sulfuro dependen en última instancia del oxígeno (y menos del nitrato) como oxidante final y, por lo tanto, consumen una parte considerable del consumo total de oxígeno. El flujo de oxígeno hacia el sedimento se ve reforzado por la bioirrigación (ventilación de madrigueras) por la macrofauna bentónica (Jorgensen et al., 2019).

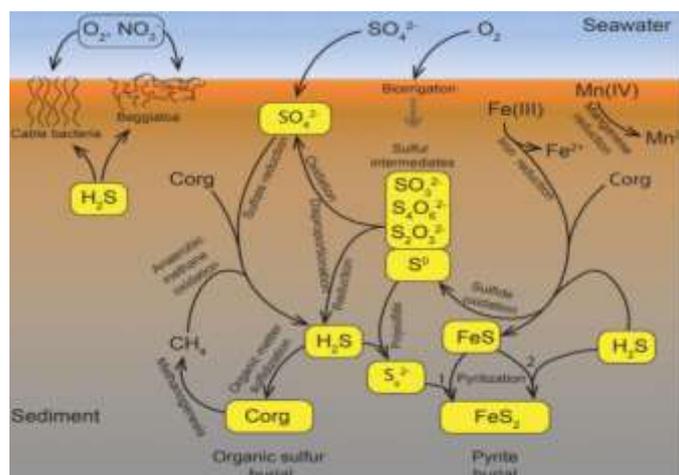


Figura 2-1. Ciclo del azufre

Fuente: Jorgensen et al., 2019.

1.2.5. Eutrofización en sistemas lacustres

La eutrofización de los lagos es causada por un enriquecimiento excesivo de nutrientes, principalmente fósforo. Los aportes excesivos de fósforo a los lagos generalmente provienen de aguas residuales, descargas industriales y escurrimientos de la agricultura, sitios de construcción y áreas urbanas (Carpenter, 2005, p.10002).

Los síntomas comunes incluyen densas floraciones de algas que causan una alta turbidez y una creciente anoxia en las partes más profundas de los lagos debido a la descomposición del material vegetal sedimentado. La anoxia, a su vez, puede provocar la muerte de peces en pleno verano. Uno de los síntomas más objetables de la eutrofización ha sido la aparición de “floraciones” de algas flotantes (Schindler et al., 2008, p.10254).

1.2.6. Interacción entre agua y sedimento

Los sedimentos son un importante transportador de nutrientes y pueden promover el crecimiento de plantas y algas. Los sedimentos del lago (arena, limo y arcilla) y la materia orgánica particulada (plantas, insectos o animales muertos) pueden suspenderse o depositarse. En los lagos saludables existe un equilibrio entre los sedimentos que ingresan, circulan dentro del lago y se utilizan para sustentar la vida acuática (Government of New Brunswick, 2022; párr. 7).

Cuando la cantidad de sedimentos se eleva en el agua del lago debido a la erosión del suelo o a actividades humanas, puede contribuir al agotamiento del oxígeno en el agua al promover el crecimiento de algas y plantas. Demasiados sedimentos suspendidos o flotantes también pueden disminuir la cantidad de luz que puede penetrar a través del agua del lago y afectar la salud de los organismos acuáticos. Los sedimentos depositados pueden limitar el hábitat para la vida acuática (peces, invertebrados) al llenar los espacios entre las rocas que proporcionan un hábitat que sustenta la vida acuática (Government of New Brunswick, 2022; párr. 8).

En la interfase sedimento-agua, los procesos químicos están estrechamente relacionados con las tasas de los procesos físicos, microbiológicos y microbiológicos. Forma el límite entre dos fases; agua y sedimento. Asociados con esta discontinuidad en la concentración de partículas hay fuertes gradientes en densidad, composición de partículas, composición de la solución, actividades de especies químicas, pH, potencial redox y actividad biológica. La velocidad de transporte de sustancias traza asociadas con la sedimentación de partículas o el movimiento con

el agua disminuye en muchos órdenes de magnitud a través de esta interfaz. Para muchas especies químicas, los sedimentos constituyen el depósito final. Sin embargo, los productos químicos se pueden reciclar muchas veces a través de esta interfaz antes de ser enterrado permanentemente. Las reacciones químicas, biológicas y físicas contribuyen en gran medida a este reciclaje. Las interfases sedimento-agua son frecuentemente los sitios primarios para el acoplamiento entre ciclos geoquímicos de muchos elementos y sistemas biológicos (Santschi et al., 1990, p.270).

Estos procesos incluyen la resuspensión de partículas en el agua por fuerzas hidrodinámicas o la eyección por organismos; mezcla de partículas dentro de los sedimentos por bioturbación o corrientes; suspensión, filtración o ingestión por organismos bentónicos; agregación o coagulación de partículas con la ayuda de fuerzas hidrodinámicas y exudados microbiológicos; advección de agua intersticial a través de la exfiltración o bombeo de agua subterránea por parte de organismos; crecimiento de macro o microorganismos que alteran la geometría de la interfase; y aislamiento de la superficie del sedimento por una capa límite de agua 'estancada'. Los microorganismos autótrofos y heterótrofos, cuya actividad puede provocar el almacenamiento o la liberación temporal de nutrientes, a menudo se encuentran en esteras en la interfase. Facilitan la oxidación del carbono orgánico natural, que es la causa de los gradientes de pH, potencial redox y composición iónica en la interfase. Los aceptores de electrones necesarios para esta oxidación incluyen O₂, NO₃⁻, MnO₂, Fe³⁺, SO₄²⁻ y CO₂ (Santschi et al., 1990, p.271).

1.2.7. Nutrientes en sedimentos lacustres

Los nutrientes son aportados por medio de desfuegos, materia orgánica, por el hombre, entre otras formas, existen dos tipos de nutrientes macro y micro, de los cuales sílice, nitrógeno, carbono, fósforo son del primer grupo, mientras que azufre, hierro, manganeso, etc., pertenecen al segundo, siendo los principales el fósforo y nitrógeno, lo que representan importancia debido a su papel en la eutrofización de los lagos, su acumulación en cantidades elevadas convierten a un lago sano en uno eutrofizado (Casanovas, 2008, p.6).

Los nutrientes son fundamentales para el desarrollo de la vida vegetal y animal. En un lago considerado como saludable los organismos acuáticos como por ejemplo plantas acuáticas, algas y bacterias son nutridos por nutrientes. De esta manera es que la red alimentaria mantiene en equilibrio el ecosistema acuático. El nutriente que limita el desarrollo de las plantas y algas

usualmente es el fósforo. Bajo ciertas condiciones, cuando los nutrientes son abundantes, las algas y las plantas acuáticas seguirán creciendo y multiplicándose mucho más allá de la cantidad necesaria para sustentar la red alimentaria. Tal crecimiento excesivo de algas y plantas puede conducir a altas tasas de respiración y descomposición que agotan el oxígeno del agua y pueden causar químicamente que los sedimentos del lago atraigan nutrientes adicionales al agua (Government of New Brunswick, 2022; párr. 6).

1.2.7.1. Efecto de la capacidad de intercambio catiónico en los sedimentos

Se puede hacer una estimación de la proporción de cationes adsorbidos a disueltos en una mezcla de sedimento y agua si se dispone de un análisis químico del agua y se conoce la capacidad de intercambio del sedimento en suspensión por unidad de volumen de mezcla de agua y sedimento. Los sedimentos tienden a estabilizar la proporción de elementos en solución en lugar de alterar la concentración total de cationes. Si dos cationes disueltos, A y B, están en equilibrio con sedimento que contiene algo de cada catión en una condición adsorbida y si se agrega una cantidad adicional de A a la solución, los miliequivalentes totales de cationes adsorbidos no cambiarán, pero la proporción de cationes adsorbidos no cambiará. A a B aumentará. Por lo tanto, parte del catión A agregado se eliminará de la solución por adsorción y parte del catión B adsorbido volverá a la solución. El efecto neto de la adición de A será aumentar tanto A como B en la solución, pero debido a la capacidad de intercambio de sedimentos, es posible que la proporción de A a B no cambie mucho.

También se debe tener en cuenta que la adición de sedimentos en suspensión que contienen cationes intercambiables a una corriente constituye un aumento en la carga total de cationes transportados.

La capacidad de intercambio de los sedimentos en suspensión puede variar considerablemente de vez en cuando debido a los cambios en la distribución del tamaño del sedimento, el contenido orgánico y la mineralogía de la arcilla (Quennedy, 1995, p. 23).

1.3. Bases conceptuales

1.3.1. Sistema Lacustre

Sistema que comprende la acumulación de agua dulce o salada sin mantenerse en movimiento, se forman en la superficie de la tierra en grandes o pequeñas depresiones, lo que implica que no

haya una salida de dicho líquido y se conviertan en sistemas cerrados que no fluyen (Rodríguez, 2019, p.4). Se originan por la unión de aguas subterráneas, escurrimientos de precipitaciones, derretimiento de hielo, causes y pozos que desemboquen en estas formaciones (Arcos, 2018, p.16).

1.3.2. Sedimentos lacustres

La lenta velocidad con la que fluye el agua en los lagos hace permite la acumulación de material en el fondo de estos, las aguas se recargan de diferentes materiales provenientes del mismo ecosistema, de desembocaduras, así como también por el aporte humano, esto implica que se añada materia orgánica al igual que contaminantes al cuerpo de agua que con el tiempo se irán a las capas profundas. (Ma et al., 2022). Los sedimentos son un depósito de varios productos como lo son metales pesados, macro y micronutrientes, materia orgánica, entre otros.

1.3.3. Eutrofización

Término utilizado para referirse al aumento de vegetación en un área particular de agua, usualmente causado por el cumulo de nutrientes, lo que provoca el crecimiento de plantas acuáticas que influyen de manera negativa a la calidad del agua y a la disponibilidad de oxígeno disuelto (Boyd, 2020, p.311).

1.3.4. Intercambio catiónico

Como indicador importante de la calidad del suelo, representa la capacidad del suelo para retener iones cargados positivamente. Representa la capacidad total de los suelos para unir cationes intercambiables como Ca, Mg, K, Cu, Zn y Fe. Influye en gran medida en la estabilidad estructural del suelo, la disponibilidad de nutrientes y el pH del suelo (Sharma et al., 2015, p.130).

1.3.5. Ciclo biogeoquímico

Ciclo biogeoquímico se refiere a las vías naturales en las cuales circulan los elementos que resultan ser esenciales para los seres vivos. Dentro de los ciclos biogeoquímicos los elementos fluyen en varias formas desde los componentes no vivos (abióticos) de la biosfera a los componentes vivos (bióticos) y viceversa. Importante para los componentes vivos que se encuentran en un ecosistema (p. ej., un lago o un bosque) sobrevivan, todos los elementos químicos que componen las células vivas deben reciclarse continuamente (Britannica, 2020).

1.3.6. pH

El pH es un parámetro que establece si una solución es acida o básica, de acuerdo con el rango de 0 a 14, siendo 7 un estado neutral, de 0 a 7 se define como acidez, y de 7 a 14 se establece como base. La concentración de iones de hidrógeno en el suelo se llama pH y está influenciada por reacciones químicas entre los componentes del suelo y el agua. Se ve afectado por las variadas combinaciones de iones cargados positivamente (sodio, potasio, magnesio, calcio, aluminio, manganeso y hierro) e iones cargados negativamente (sulfato, cloruro, bicarbonato y carbonato). El pH del suelo afecta directamente la concentración de los principales nutrientes y las formas de los microelementos disponibles para la absorción de las plantas y puede provocar deficiencias o toxicidades (Rengasamy, 2022).

1.3.7. Textura

La textura del suelo son los porcentajes relativos de partículas de arena, limo y arcilla que componen la fracción mineral (inorgánica) del suelo. Las partículas de arena son las más grandes y varían de 2,0 a 0,05 mm de diámetro. Las partículas de limo son más pequeñas, oscilando entre 0,05 y 0,002 mm. Y las más pequeñas de 0,002 mm corresponde a las arcillas (Mobilier y Craft, 2021).

Las partículas sedimentarias tienen dimensiones con una variabilidad muy alta. En la Naturaleza existen depósitos sedimentarios formados por elementos desde decímetros hasta metros de diámetro. El análisis del tamaño de las partículas es importante, permite deducir información valiosa, entre otras, sobre el origen (en particular sobre la disponibilidad de ciertos tipos de partículas y sobre las rocas que les dieron origen), sobre el transporte (uso, por ejemplo, el concepto de madurez textural y la resistencia de las partículas, según su composición, abrasión y cambio químico), y sobre ambientes depositacionales (Artur, 2019: p.7).

1.3.8. Color

El color del suelo está determinado por la composición mineral, la concentración de elementos, la materia orgánica y el contenido de humedad. Refleja las propiedades del suelo y los procesos del suelo, y es una característica de diagnóstico importante para la delineación del horizonte del suelo y la clasificación del suelo. El color del suelo se ha descrito en muestras de suelo seco y húmedo al comparar su color con la tabla de colores de Munsell. El sistema de color de Munsell describe un color de suelo utilizando tres atributos: matiz, el color básico (p. ej., 10YR, 5YR); valor, la luminosidad que va desde 0 (negro) a 10 (blanco); y croma, la intensidad o

saturación del color que va de 0 (gris) a 12 (color puro). La descripción del color del suelo Munsell es subjetiva, y sus lecturas se ven afectadas por las condiciones de luz y la percepción humana. La carta de colores de Munsell proporciona valores discretos lo que dificulta su uso para el análisis cuantitativo. Por lo tanto, ($L^*a^*b^*$ y HSV) se utilizan para determinar el color del suelo (Encyclopedia of soils in the environment, 2021; párr. 1).

1.3.9. Materia orgánica

La materia orgánica constituye una fracción menor pero importante de los sedimentos de lago. Se origina a partir de la mezcla compleja de lípidos, carbohidratos, proteínas y otros componentes de materia orgánica producidos por organismos que han vivido en el lago y sus alrededores. Como una acumulación de "fósiles geoquímicos", el contenido de materia orgánica de los sedimentos del lago proporciona información que es importante para las interpretaciones de los cambios tanto naturales como inducidos por el hombre en los ecosistemas locales y regionales. La principal fuente de materia orgánica para los sedimentos del lago son las plantas dentro y alrededor del lago. Las plantas se pueden dividir en dos grupos geoquímicamente distintivos sobre la base de sus composiciones bioquímicas: (1) plantas no vasculares que contienen poca o ninguna celulosa y lignina ricas en carbono, como el fitoplancton, y (2) plantas vasculares que contienen grandes proporciones de estos tejidos fibrosos, como pastos, arbustos y árboles en la tierra y macrófitos en los lagos. La materia orgánica derivada de estos dos amplios grupos de plantas conserva estas distinciones de origen. Sin embargo, las acumulaciones de materia orgánica sedimentaria en los sedimentos del lago reflejan no solo los tipos y cantidades de materiales originales, sino también el grado de alteración y degradación del material de partida. Los sistemas lacustres son diversos y las fuentes y alteraciones de la materia orgánica son geográfica y temporalmente variables (Meyers y Teranes, 2001: pp. 239-240).

1.3.10. Carbono orgánico total y Nitrógeno

El carbono orgánico total (TOC) y el nitrógeno total (TN) son los componentes más importantes de los sedimentos y suelos, ya que pueden utilizarse para distinguir las fuentes marinas y terrestres de materia orgánica, las condiciones ambientales de depósito, los índices de contaminación y los indicadores de calidad y productividad del suelo (Avramidis et al., 2015; p.425).

Un parámetro importante para la estimación del estado ambiental de los ecosistemas terrestres y acuáticos es el contenido de carbono orgánico total (TOC) y nitrógeno total (TN), en suelos y

sedimentos. El carbono y el nitrógeno orgánicos del suelo y los sedimentos se derivan principalmente de la descomposición de las plantas y los animales o del plancton o de fuentes antropogénicas como contaminantes químicos, fertilizantes o desechos ricos en materia orgánica. Independientemente de la fuente, la porción de TOC y TN afecta, especialmente en los sistemas acuáticos, las comunidades de fauna, la producción primaria en un ecosistema, así como el estado de eutrofización. Las concentraciones de carbono orgánico en sedimentos y suelos se correlacionan muy bien con los contaminantes orgánicos y por esta razón pueden ser utilizados como una herramienta para la estimación del nivel de contaminación – toxicidad. Las proporciones de TOC y TN de los sedimentos se pueden utilizar como biomarcadores, para distinguir las fuentes marinas o terrestres de materia orgánica, así como las condiciones aeróbicas/anóxicas y de reducción de sulfato y, por lo tanto, dar una indicación cualitativa del estado redox (Avramidis et al., 2015; pp.425-426).

1.3.11. Fosforo

El fósforo para todas las formas de vida es un nutriente esencial. Es un actor clave en las reacciones bioquímicas fundamentales que involucran material genético (ADN, ARN) y transferencia de energía (ATP), y en el soporte estructural de los organismos proporcionado por las membranas (fosfolípidos) y el hueso (la hidroxiapatita biomineral). Es utilizado por organismos fotosintéticos para formar sus tejidos con la energía del sol. La productividad biológica depende de la disponibilidad de fósforo para estos organismos simples que constituyen la base de la cadena trófica tanto en los sistemas terrestres como acuáticos. (Para revisiones de la utilización de P, bioquímicos de P y vías en plantas acuáticas. Fósforo encerrado en roca madre, suelos y los sedimentos no están directamente disponibles para los organismos. La conversión de formas no disponibles en ortofosfato disuelto, que puede asimilarse directamente, se produce a través de reacciones geoquímicas y bioquímicas en varias etapas del ciclo global del fósforo. La producción de biomasa alimentada por la biodisponibilidad de P da como resultado la deposición de materia orgánica en suelos y sedimentos, donde actúa como fuente de combustible y nutrientes para las comunidades microbianas. La actividad microbiana en suelos y sedimentos, a su vez, influye fuertemente en la concentración y forma química del fósforo incorporado en el registro geológico (Ruttenberg, 2013; p.587).

1.3.12. Sodio

La presencia de Na y K en el agua es el resultado de la lixiviación de rocas sedimentarias ricas en sales de estos elementos. El sodio pertenece a los elementos que se encuentran con mayor frecuencia en la superficie terrestre (2,63% de la corteza terrestre). En las aguas superficiales está definitivamente más presente en forma de NaCl (Senze et al., 2020; p.688).

1.3.13. Potasio

El potasio en el suelo existe en cuatro depósitos según su disponibilidad de K para ser absorbido por las raíces de las plantas. Está presente disuelto en el agua del suelo, adsorbido en partículas de arcilla y materia orgánica y retenido dentro de las capas de partículas de arcilla. Sólo se mantienen pequeñas cantidades de K en la solución del suelo (6-24 kg K 2 O). La mayoría de las reservas de potasio en el suelo están en manos de las cargas negativas de los minerales arcillosos y la materia orgánica. El potasio se puede retener débil o fuertemente según la posición en la red de arcilla. El K + que se retiene libremente (K fácilmente disponible) se libera rápidamente para que la planta lo absorba, mientras que la reserva más firmemente ligada (K menos fácilmente disponible) se libera más lentamente (PDA, 2019; párr. 6).

1.3.14. Calcio

El nivel de Ca en el sedimento del fondo está relacionado con la presencia de organismos vivos que habitan el agua, su muerte y descomposición. El carbonato de calcio es la forma más típica en la que se une Ca, y es mucho más soluble que el sulfato de calcio que también se puede encontrar en las aguas (Senze et al., 2020; p.688).

1.3.15. Oxígeno disuelto

El oxígeno es una de las sustancias más importantes en los lagos, mismo que depende de las condiciones internas del agua en el lago. La producción biológica (fotosíntesis) libera oxígeno en el agua, mientras que la descomposición biológica lo consume. Varias reacciones químicas dentro del sistema del lago también afectan la concentración de oxígeno disuelto. La principal

fuente es el paso de oxígeno a través de la interfase aire-agua, la cual es afectada principalmente por las temperaturas del lago; la presión parcial perteneciente al oxígeno disuelto disminuye a bajas temperaturas en el agua. En consecuencia, durante las estaciones frías, especialmente cuando la mezcla vertical aumenta mucho debido a la falta de estructura térmica y al aumento de la agitación del viento, los lagos se reponen con oxígeno. En temporadas cálidas en el agua superficial se encuentra a concentraciones menores. Bajo la superficie del agua debido a la descomposición biológica el oxígeno se consume y eso puede causar desabastecimiento grave. El agotamiento del oxígeno también ocurre cerca del fondo debido a procesos en la interfase lodo-agua, muchos de los cuales aún no se explican adecuadamente (Lane, 2019, párr. 18).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Zona de estudio

Esta laguna es de un largo de 1.100 metros por un ancho de 290 metros. con una profundidad máxima de 25m. Está rodeada por montañas y peñas (Gobierno Autónomo descentralizado de Cotopaxi, 2015).



Figura 3-2. Laguna de Yambo

Realizado por: Andrango Ashqui, E., 2022.

2.1.1 *Ubicación geográfica*

La Laguna de Yambo está ubicada en la Parroquia Panzaleo, Cantón Salcedo, Provincia de Cotopaxi, en un valle interandino de la Sierra Ecuatoriana ($1^{\circ}105'S - 78^{\circ}35'O$), a una altitud de 2600 m. en el borde de las provincias Tungurahua y Cotopaxi.



Figura 4-2. Ubicación geográfica del área objeto de estudio

Realizado por: Andrango Ashqui, E., 2022.

2.2. Muestreo

Las salidas que se realizaron para el muestreo se hicieron por cuatro ocasiones, desde octubre del 2021 hasta enero del 2022 para recopilar 26 muestras y de esta forma se recolectaron los datos pertinentes para el estudio.

2.3. Determinación de los puntos de muestreo

Los puntos de muestreo fueron asignados aleatoriamente, se identificó previo a ello la extensión de la laguna de Yambo que es de 1 km, debido a ello se tomó un punto cada 100 metros de distancia aproximadamente, cubriendo de esta forma todo el cuerpo hídrico de norte a sur. Cada punto se georreferenció con la utilización de un GPS Garmin Dakota 20 según el datum WG84.



Figura 5-2. Ubicación de los puntos de muestreo

Realizado por: Andrango Ashqui, E., 2022.

A continuación, se muestran los diferentes puntos de la laguna en los que se realizó la toma de muestras con sus respectivas coordenadas:

Tabla 1-2. Coordenadas de los puntos tomados para el muestreo

Puntos de muestreo					
Numero	Código	Profundidad	Coordenadas		
			Latitud	Longitud	
1	P1	8	768260.00	9878620.00	
2	P2	18	768179.00	9878243.00	
3	P3	27,5	768374.00	9878083.00	
4	P4	24	768473.00	9877925.00	
5	P5	8	768652.00	9877653.00	
6	P6	7	768343.00	9878550.00	
7	P7	17	768239.00	9878548.00	
8	P8	9	768138.00	9878531.00	
9	P9	13	768380.00	9878423.00	
10	P10	24	768243.00	9878418.00	
11	P11	17	768114.00	9878392.00	
12	P12	28	768282.00	9878258.00	
13	P13	8	768388.00	9878304.00	
14	P14	2	768440.00	9878192.00	
15	P15	27	768327.00	9878155.00	
16	P16	5	768489.00	9878103.00	
17	P17	2	768542.00	9878023.00	

18	P18	25	768469.00	9877999.00
19	P19	2,5	768596.00	9877955.00
20	P20	16	768523.00	9877876.00
21	P21	3,5	768649.00	9877837.00
22	P22	6	768582.00	9877767.00
23	P23	5,5	768313.00	9878028.00
24	P24	2,5	768450.00	9877852.00
25	P25	2	768564.00	9877656.00
26	P26	2	768738.00	9877572.00

Realizado por: Andrango Ashqui, E., 2022.

2.4. Tipo de investigación

Este fue proyecto según el método de investigación es mixto, según el nivel de profundización del objetivo de estudio fue exploratoria, descriptiva, según la manipulación de variables fue no experimental y según el periodo temporal fue transversal.

2.5. Población de estudio y/o tamaño de la muestra y/o método de muestreo

El estudio se realizará en la Laguna Yambo, mediante un muestreo tipológico sistemático aleatorio, bajo las siguientes características:

Población de estudio: La población de estudio fue 1 km.

Tamaño de la muestra: el tamaño de la muestra fue 25 muestras.

Método de muestreo: muestreo tipológico sistemático aleatorio

2.6. Técnicas de recolección de datos

Para la recolección de datos, se determinó el número de muestras de sedimentos lacustres en función de su superficie, considerando al menos una muestra por cada hectárea misma que será tomada de forma aleatoria, garantizando un estudio probabilístico.

- Muestreo de sedimentos LSASDPROC-200-R4 (draga tipo poner) (LSASD, 2020)
- Instrumentos para la determinación de parámetros *in situ* (GPS)
- Materiales para la recolección de muestra de agua (draga, cuerda y recipientes para la muestra)
- Materiales para el almacenamiento, transporte y preservación de sedimentos (fundas ziploc, caja de plásticos)

2.6.1. Métodos para análisis de sedimentos

Preparación de la muestra: método 3050B (EPA SW 846)

Tabla 2-2. Métodos para análisis de sedimentos

Parámetro	Métodos	Fuente
Textura	METODO DE PIPETA	----
Color (sedimento)	MUNSELL	----
Nitrógeno	FLASH 2000	THERMO
Carbono orgánico total	ASTM D7348 - 13 Standard Test Methods for Loss on Ignition (LOI) of Solid Combustion Residues	ASTM
Fosforo	OLSEN	S593 MANUAL DE ANALISIS DE SUELO Y TEJIDO VEGETAL
Potasio	7000B FLAME ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETRY	EPA
Calcio	7000B FLAME ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETRY	EPA
Magnesio	7000B FLAME ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETRY	EPA
Sodio	7000B FLAME ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETRY	EPA
pH	ELETRODO DE PH	-----
Conductividad eléctrica- sedimento	ELECTRODO POLAROGRAFICO	----

Realizado por: Andrango Ashqui, E., 2022.

2.7. Toma de muestras

El proceso de la toma de muestras se realizó con la utilización de una grada tipo ponar, el instrumento fue lanzado a la laguna hasta que llegó al fondo y se cerró, atrapando el sedimento, a su vez se tomó la profundidad a la que llegaba marcando la cuerda que se encontraba unida a la draga, luego se subió la muestra hasta el bote con cuidado de que se abra y se pierda el material.

Las muestras entonces fueron puestas en fundas cyplex, las cuales ya se encontraba previamente etiquetada para identificarla después, y finalmente se la cerró verificando que no haya fugas.



Figura 6-2. Toma de la muestra

Realizado por: Andrango Ashqui, E., 2022.

2.8. Tratamiento de las muestras

Las muestras llegan con una cantidad de humedad alta por lo que se procede a secarlas, esto se hizo traspasando de la funda cyplex a bandejas de aluminio, dos bandejas por muestra, las muestras que en su mayoría estaba compuestas por agua fueron dejadas a reposar por un día con el objetivo de que el sedimento se quede en el fondo, a continuación, se procedió a colocarlas en una estufa a una temperatura de entre 60 a 100 °C por lapsos de tiempo hasta que se vean completamente secas.

Ya con las muestras secas se realizó el molido de las mismas, seguido del tamizado en un tamiz de 250 mm, para proceder a colocar cada muestra lista en fundas cyplex etiquetadas y posterior uso en los análisis correspondientes.



Figura 7-2. Preparación de las muestras

Realizado por: Andrango Ashqui, E., 2022.

2.9. Análisis de las muestras en laboratorio

Las muestras de sedimento extraídas de la laguna de Yambo fueron sometidas a análisis en el Laboratorio del grupo GIDAC, ubicado en la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en el cual se obtuvo la dirigencia de los técnicos pertenecientes al laboratorio.

2.9.1. *pH*

Procedimiento

1. Se pesa 10 gramos de sedimento seco y molido y se coloca en un vaso de precipitación.
2. Se añade a la muestra 40 ml de agua destilada, y se agita durante 10 minutos.
3. El pH-metro debe ser calibrado previa la medición, con un buffer de 7
4. Se introduce el electrodo en la muestra agitada, se espera unos segundos hasta que se estabilice y se tomará lectura de los resultados
5. Registrar los datos observados.

2.9.2. *Conductividad eléctrica*

Procedimiento

1. Se pesa 10 gramos de sedimento seco y molido y se coloca en un vaso de precipitación.
2. Se añade a la muestra 40 ml de agua destilada, y se agita durante 10 minutos.
3. El conductímetro debe estar calibrado.

4. Se introduce el electrodo en la muestra agitada, se espera unos segundos hasta que se estabilice y se tomará lectura de los resultados
5. Registrar los datos observados.



Figura 8-2. Conductividad eléctrica

Realizado por: Andrango Ashqui, E., 2022.

2.9.3. Color

Procedimiento

1. Para la determinación del color de sedimentos se lo hizo con la muestra húmeda, utilizando las cartas de Munsell.
2. Se tomó un aproximado de 2 gramos de la muestra y se la puso en una superficie blanca y plana, con una luz adecuada que permita diferenciar bien el color.
3. Se ubicó las cartas sobre la muestra y se identificó a la que corresponda.



Figura 9-2. Medición de color

Realizado por: Andrango Ashqui, E., 2022.

2.9.4. Textura

Procedimiento

1. Pesar 25 gramos de cada muestra a ser analizada.
2. Preparar peróxido de hidrogeno al 50 %, 50 ml de peróxido de hidrogeno añadir 100 ml de agua destilada.
3. Preparar hexametáfosfato: pesar 61,17 gramos de hexametáfosfato y añadir 1000 ml de agua destilada.
4. En un recipiente de vidrio de aproximadamente 500 ml, añadir la muestra pesada, 5 ml de peróxido de hidrogeno, en caso de que se genera burbujeo esperar a que seda un poco y añadir 1 ml más de peróxido de hidrogeno, de no ser el caso no añadir más.
5. Añadir 20 ml de hexametáfosfato.
6. Añadir 400 ml de agua destilada.
7. Mezclar todo durante 5 minutos.
8. Dejar reposar por aproximadamente 24 horas.
9. Pasado ese tiempo, tomar la temperatura en que se encuentra la mezcla, esto con el fin de saber los tiempos en los que se tomaran los mililitros para limos y arcillas.
10. Pesar 4 crisoles para cada muestra.
11. Hacer pasar la mezcla por un tamiz de 63 μm de tal forma que el líquido pase a un recipiente bajo del tamiz, procurando que se pase la máxima cantidad que sea posible.
12. Tomar lo que queda en el tamiz y ponerlo en el crisol 1ro, este será de arenas.
13. Enjuagar un poco el tamiz para que todo lo que esté en él se recoja, pasar esto a un 2do crisol, este será de arenas también.
14. El líquido que se encuentra en el pasarlo a una probeta de 1000 ml y aforar con agua destilada.
15. Tomar la temperatura con un termómetro y de acuerdo a los siguientes parámetros tomar las muestras:

Tabla 3-2. Temperaturas y tiempo para recolección de muestras

Temperatura $^{\circ}\text{C}$	Limo 50 μm - 20 μm (m: ss)	Arcilla menor a 2 μm (h:mm:ss)
19	1:57	3:15:08
21	1:51	3:05:14

Realizado por: Andrango Ashqui, E., 2022.

16. Mezclar durante 5 minutos, introducir la pipeta a la altura de 800 ml, y esperar 1,51 segundos, tomar 10 ml y ponerlos en un 3er crisol, este será de limos.

17. Dejar reposar la probeta por 3 horas 15 minutos, llegado el tiempo exacto a la misma altura de 800 ml de la probeta tomar 10 ml y ponerlos en un 4to crisol, este será de arcillas.
18. Poner todos los crisoles en la estufa a una temperatura de 105°C, hasta que las muestras se sequen
19. Cuando ya estén secas las muestras, pesarlas.
20. Para la realización de los cálculos luego de la recopilación de los datos:

$$\text{Arena, Limo, Arcilla} = \text{Peso de crisol con muestra seca} - \text{Peso de crisol vacío}$$

A continuación, sumar los pesos de arena:

$$\text{Arena} = \sum \text{Peso de crisoles con arena}$$

Subtotal:

$$\text{Subtotal} = \text{Limo} + \text{Arcilla}$$

Totales:

$$T \text{ Limo} = \frac{\text{Limo}}{\text{Subtotal}}$$

$$T \text{ Arcilla} = \frac{\text{Arcilla}}{\text{Subtotal}}$$

Porcentajes:

$$\% \text{Arena} = \frac{\text{Total arena}}{\text{Peso de la muestra}}$$

$$\% \text{Arcilla} = \text{Total limo} * (1 - \% \text{Arena})$$

$$\% \text{Limo} = \text{Total arcilla} * (1 - \% \text{Arena})$$

Con esos resultados utilizar la tabla de textura de suelos según el sistema USDA, para determinar qué tipo de suelo es el que se tiene:

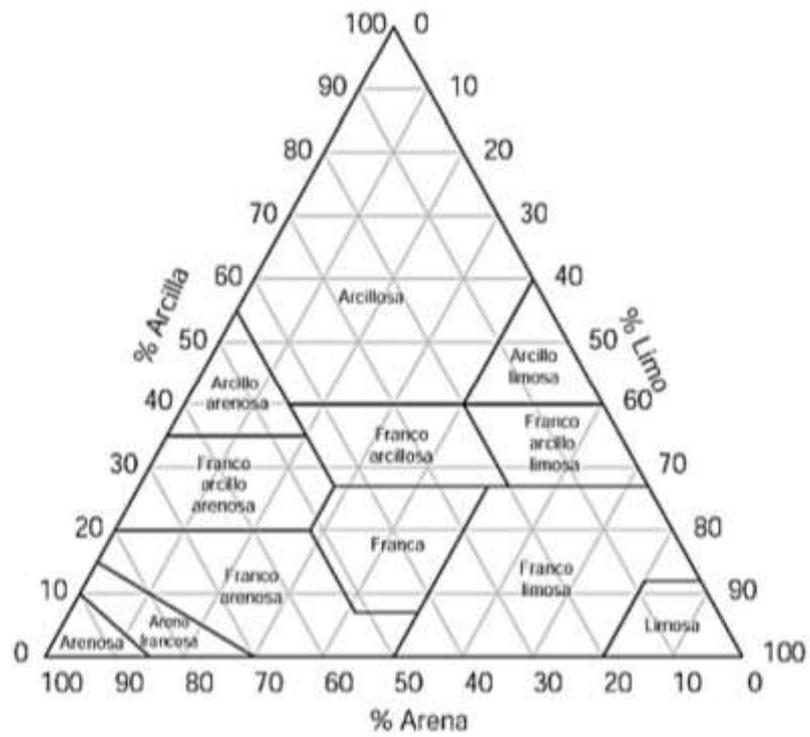


Gráfico 1-2. Triángulo de textura del suelo

Realizado por: Erazo, 2019.

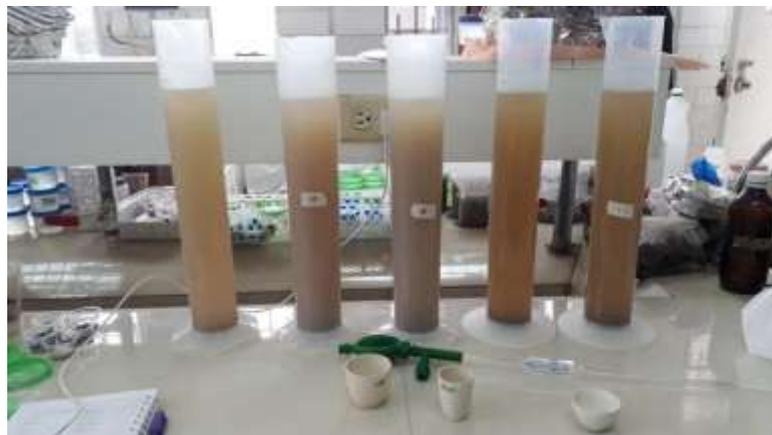


Figura 10-2. Textura

Realizado por: Andrango Ashqui, E., 2022.

2.9.5. *Materia orgánica*

Procedimiento

Para obtener datos de carbono orgánico se realizó primero el análisis de materia orgánica de las muestras, seguido de ello se ingresarán los datos a una plantilla Excel donde se calculará lo que se requería.

1. Lavar los crisoles y asegurarse de que no contengan restos de procesos anteriores, limpios y secos están listos para ser utilizados.
2. Introducirlos a la mufla a la cual se le programa a una temperatura de 800°C, la cual mantendrá durante dos horas.
3. Ya que haya pasado las dos horas, se abre la puerta ligeramente y se deja enfriar la mufla un momento hasta llegar a aproximadamente 650°C, esto para evitar que los crisoles se rompan debido a la temperatura, sacarlos y colocarlos en un desecador, teniendo precaución de que la tapa de este no se pegue.
4. Llevar el desecador junto a la balanza y esperar unos minutos para que la temperatura de los crisoles se estabilice y el peso no varíe causando problemas.
5. Para ganar tiempo precalentar la estufa a 105°C
6. Etiquetar los crisoles rápidamente con un lápiz en su base, y anotar el peso que arroje la balanza analítica.
7. Luego de anotar el peso del crisol, encerrar la balanza con el dentro y luego agregar 5 gramos de muestra de sedimento seco (250um -tamizado), registrar el peso y devolver al desecador.
8. A continuación, colocar los crisoles con muestra en la estufa a 105°C durante un tiempo de 24 horas.
9. Pasado ese tiempo, sacar los crisoles y colocarlos en el desecador, esperar unos minutos y proceder a pesarlos.
10. Luego colocarlos en la mufla a una temperatura de 360°C durante dos horas.
11. Después de las dos horas, sacar los crisoles, colocarlos en el desecador y proceder a pesarlos en la balanza analítica.
12. Registrar los pesos y devolverlos al desecador.
13. La materia orgánica se calculó con la formula:

$$MO(\%) = \frac{\text{Peso } 105^{\circ}C - \text{Peso } 360^{\circ}C}{\text{Peso } 105^{\circ}C - \text{Peso crisol vacio}} \times 100$$



Figura 11-2. Materia orgánica

Realizado por: Andrango Ashqui, E., 2022.

2.9.6. Fósforo

Sustancias

1. Solución A: disolver 60 gramos de molibdato de amonio en 200 ml de agua, añadir 1,45 gramos de tartato de antimonio de potasio y disolver, agregar lentamente y agitando suave 700 ml de ácido sulfúrico concentrado, dejar que se enfríe y diluir con agua hasta 1 litro.
2. Solución B: disolver 132 gramos de ácido ascórbico en agua y completar a un volumen de 1 litro.
3. Preparar hidróxido de sodio 1M: disolver 40 gramos de NaOH en 1 litro de agua
4. Preparar bicarbonato de sodio 0,5 M (NaHCO_3) pH 8.50: disolver 42 gramos de NaHCO_3 en agua, diluir en 1 litro de agua y con hidróxido de sodio 1M, ajustar su pH 8.50. Se necesitará 30 ml de esta solución para cada muestra.
5. Preparar ácido sulfúrico 2.5 M (H_2SO_4): añadir 140 ml de H_2SO_4 concentrado a 600 ml de agua, dejar enfriar y llevar a un volumen de 1 litro, se necesitará 1 ml por cada muestra.
6. Preparar solución de color, esta solución se preparará en mismo día a realizar el análisis: tomar 35 ml de la solución A y agregar 800 ml de agua. Mezclar y añadir 10 ml de solución B, completar hasta un volumen de 1 litro con agua.

Procedimiento

1. Pesar 5 gramos de cada muestra en recipientes de plástico con su respectiva tapa.
2. Agregar 30 ml de 0.5 M NaHCO_3 pH 8.5 a cada muestra.
3. Agitar durante 30 minutos.
4. Filtrar las muestras.
5. Tomar 5 ml de la solución filtrada y añadir 1 ml de H_2SO_4 (2.5M).
6. Agregar 10 ml de la solución para color y esperar 15 minutos.

7. Leer las muestras en espectrofotómetro previamente calibrado con los patrones a una longitud de onda de 660 nm.

NOTA: En caso de ser necesario realizar disoluciones hasta que el color no sea tan intenso y de resultados muy altos. Al haber de obtenidos todos los datos, finalmente multiplicar el factor de disolución por el valor.



Figura 12-2. Medición de fósforo

Realizado por: Andrango Ashqui, E., 2022.

2.9.7. *Carbono orgánico total*

Segundo, con los valores obtenidos de materia orgánica, se procedió a determinar el carbono orgánico, aplicando el factor 1,724 de Van Bemmelen, lo que indica que la MO contiene 58% de carbono (Cardenas y Paredes, 2020: pp.42-46).

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

2.9.8. *Nitrógeno*

El analizador elemental Thermo Scientific™ FLASH™ 2000, basado en la combustión instantánea dinámica de la muestra, hace frente sin esfuerzo a la amplia gama de requisitos de laboratorio, como precisión, reproducibilidad diaria y alto rendimiento de muestras. Esta alternativa al clásico método Kjeldahl, basado en el método Dumas (combustión), ha sido desarrollada y aprobada por diferentes asociaciones (Ali, 2018: p.2).

2.9.9. Oxígeno disuelto

Los datos de oxígeno disuelto fueron proporcionados por el grupo GIDAC.

2.9.10. Potasio, calcio, magnesio, sodio

Sustancias

1. Preparar acetato de amonio 1M: agregar 78.655 gramos en un litro.
2. Procedimiento
3. Pesar 5 gramos de cada muestra y colocar en un frasco de plástico su respectiva tapa.
4. Añadir 25 ml de acetato de amonio 1M en cada muestra, agitar para que se mezcle bien la muestra con el reactivo.
5. Dejar en reposo durante 24 horas.
6. Filtrar las muestras, observando que el resultado filtrado no tenga partículas en el.
7. Pasar lo filtrado a un balón de 100 ml y aforar con agua ultrapura, y traspasarlo a otro frasco limpio de plástico con su tapa.
8. Llevar las muestras a medir en el cromatógrafo de gases: calibrar el equipo con los estándares pertinentes (sodio, potasio, calcio y magnesio) y medir.
9. Diluir las muestras de ser necesario hasta que la cantidad resultante sea óptima, esto para cada muestra y para cada nutriente.
10. La capacidad de intercambio catiónico (CICE) se determinó mediante la suma total de los datos de calcio, sodio, potasio y magnesio, y se comparó con rangos de relación entre textura del suelo y CICE.

Tabla 4-2. Relación textura con Capacidad de intercambio catiónico

Textura de la tierra	CICE típica (mEq/100g)
Playa	3-5
Francos	10-15
Franco limoso	15-25
Arcilla y margas arcillosas	20-50
Suelos orgánicos	50-100

Fuente: (Culman, 2019).

Realizado por: Andrango Ashqui, E., 2022.



Figura 13-2. Medición de nutrientes

Realizado por: Andrango Ashqui, E., 2022.

2.9.11. Procesamiento de datos

Los datos fueron recopilados y almacenados en tablas de Microsoft Excel, posterior a ello se realizó la respectiva representación en gráficos los diferentes grupos de datos. Con el programa estadístico STATGRAPHICS Centurion se calculó las correlaciones entre los parámetros que fueron objeto de estudio.

Tabla 5-2. Rangos de coeficientes de correlación

Rangos de valores r_{xy}	Interpretación
$0,00 \leq [r_{xy}] < 0,10$	Correlación nula
$0,10 \leq [r_{xy}] < 0,30$	Correlación débil
$0,30 \leq [r_{xy}] < 0,50$	Correlación moderada
$0,50 \leq [r_{xy}] < 1,00$	Correlación fuerte

Fuente: (Hernández, 2018).

Realizado por: Andrango Ashqui, E., 2022.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis e interpretación de los resultados

3.1.1. Color

El color de 15,38% de las muestras pertenecen a Dark reddish Brown, el 19,23% son Very dusky red, 11,54% son black, 7,69% son reddish black, 19,23% son dusky red, 7,69% son very dark Brown, 3,85% son dark grey, 3,85% son dark Brown, 3,85% son dark olive gray, 3,85% son dusk red y el 3,85% son very dark gray.

3.1.2. Textura

Se analizaron 9 muestras de las cuales el 55,56% de ellas fueron Arena francosa, el 11,11% resultaron ser Arcillo arenosa, el 22,22% de las muestras fueron Franco arcillo arenosa, y el 11,11% fueron Franco arenosa.

3.2. Resultados de frecuencia de los diferentes parámetros

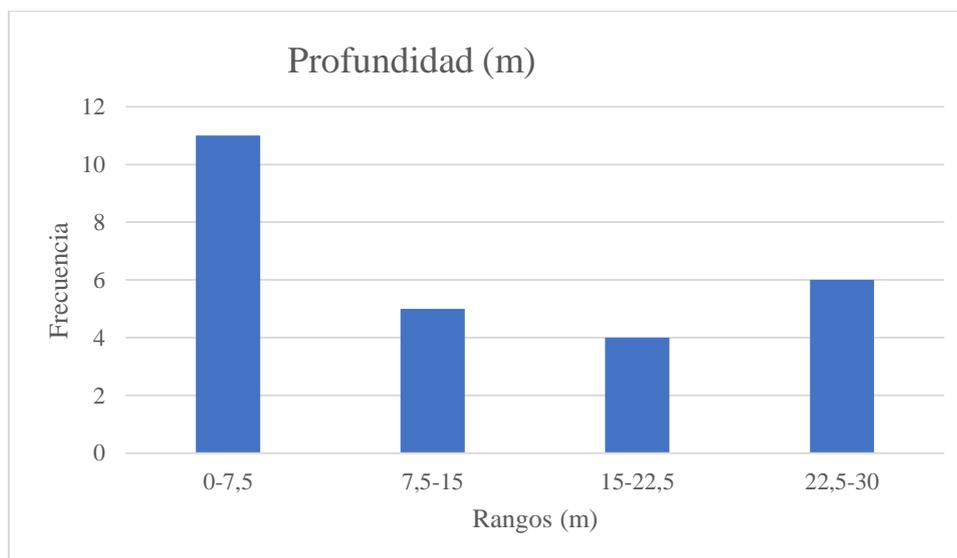


Gráfico 2-3. Frecuencia de la profundidad de la laguna de Yambo

Realizado por: Andrango Ashqui, E., 2022.

En el siguiente grafico de profundidad se puede observar que en el rango de 0 m a 7,5 m se encuentran 11 puntos, en el rango de 7,5 m a 15 m se encuentran 5 puntos, en el rango de 15m a 22,5 m se encuentran 4 puntos, y en el rango de 22,5 m a 30 m se presentan 6 puntos.

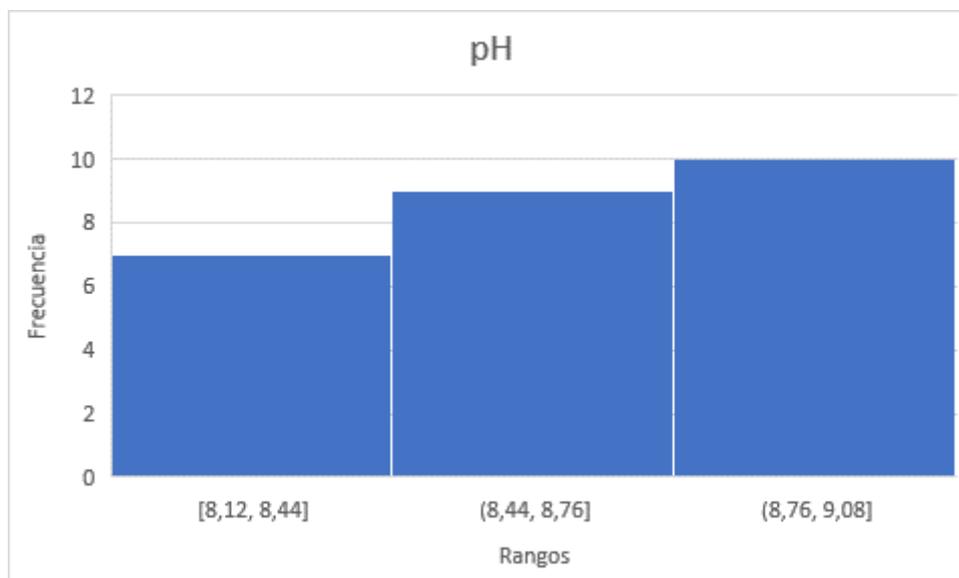


Gráfico 3-3. Frecuencia del pH de la laguna de Yambo

Realizado por: Andrango Ashqui, E., 2022.

En el siguiente grafico de pH se logra observar claramente que en el 8,14 a 8,44 se encuentran 7 puntos, en el rango de 8,44 a 8,76 se encuentran 9 puntos, en el rango de 8,76 a 9,08 se encuentran 10 puntos, siendo este último rango el predominante.

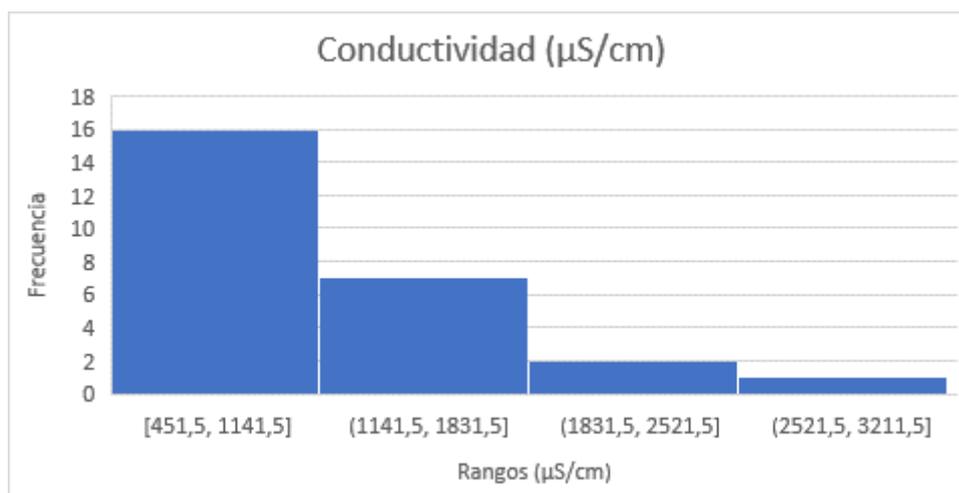


Gráfico 4-3. Frecuencia de la conductividad eléctrica de la laguna de Yambo

Realizado por: Andrango Ashqui, E., 2022.

En el siguiente grafico de conductividad se puede observar que en el rango de 451,15 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 1141,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ se encuentran 16 puntos, en el rango de 1141,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 1831,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ se encuentran 7 puntos, en el rango de 1831,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 2521,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ se presentan 2 puntos y en el rango de 2521,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 3211,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ se presenta 1 puntos.

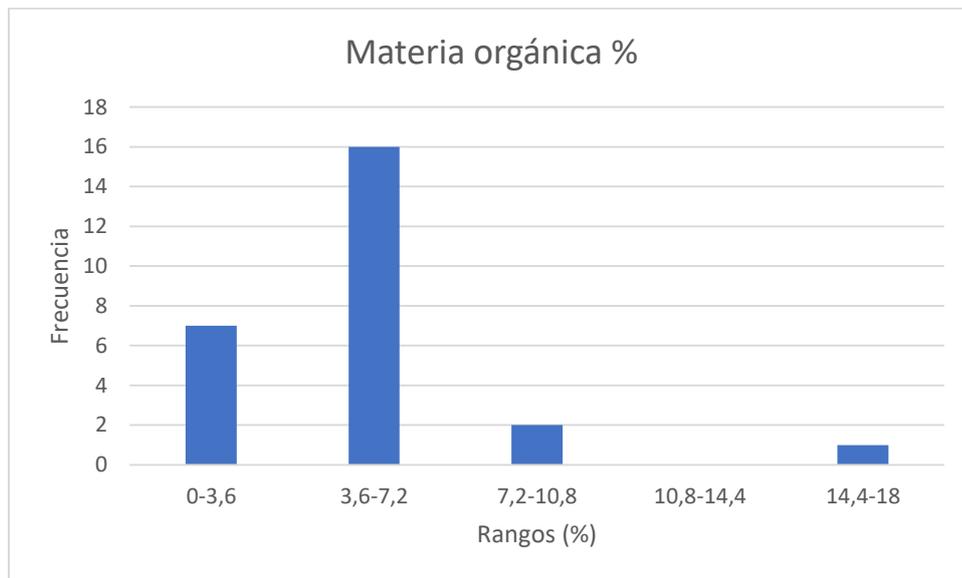


Gráfico 5-3. Frecuencia de la materia orgánica de la laguna de Yambo

Realizado por: Andrango Ashqui, E., 2022.

En la siguiente tabla referente a materia orgánica se puede observar que en el rango de 0% a 3,6% se encuentran 7 puntos, en el rango de 3,6% a 7,2% se encuentran 16 puntos, en el rango de 7,2% a 10,8 % se encuentran 2 puntos, en el rango de 10,8% a 14,4% no se encuentra ningún dato y en el rango de 14,4% a 18% se encuentra 1 punto.

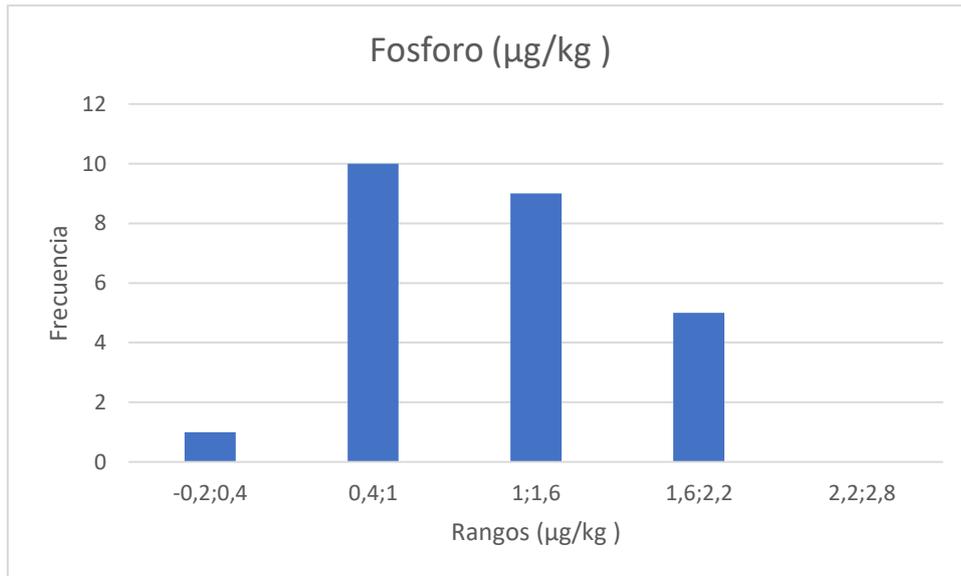


Gráfico 6-3. Frecuencia del fosforo de sedimentos de la laguna de Yambo

Realizado por: Andrango Ashqui, E., 2022.

En la siguiente tabla de fosforo se logra observar que en el rango de $-0,2 \mu\text{g/kg}$ a $0,4 \mu\text{g/kg}$ se encuentra 1 puntos, en el rango de $0,4 \mu\text{g/kg}$ a $1 \mu\text{g/kg}$ se encuentran 10 puntos, en el rango de $1 \mu\text{g/kg}$ a $1,6 \mu\text{g/kg}$ se encuentran 9 puntos, en el rango de $1,6 \mu\text{g/kg}$ a $2,2 \mu\text{g/kg}$ se encuentran 5 puntos y en el rango de $2,2 \mu\text{g/kg}$ a $2,8 \mu\text{g/kg}$ no se encuentra ningún dato.

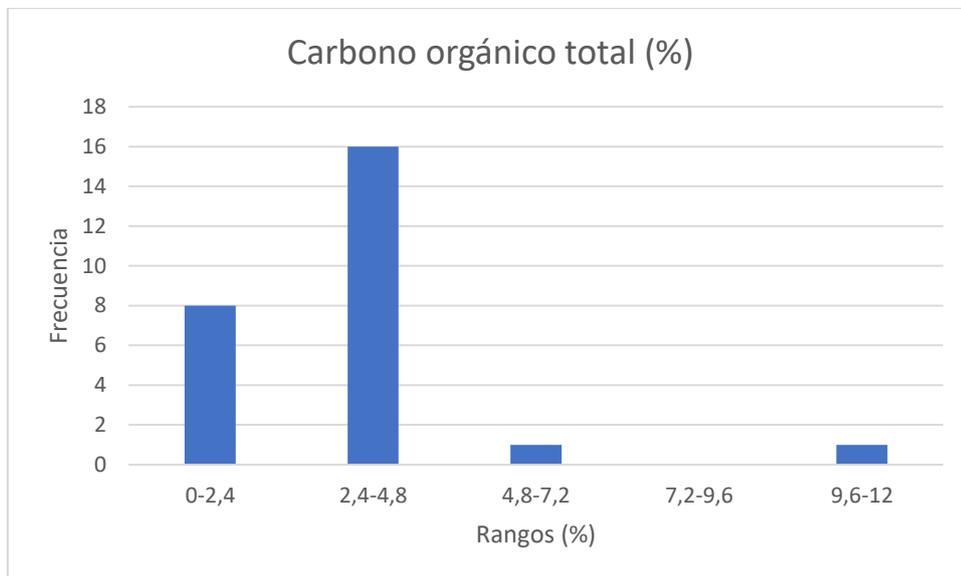


Gráfico 7-3: Frecuencia del carbono orgánico total de sedimentos de la laguna de Yambo

Realizado por: Andrango Ashqui, E., 2022.

En la siguiente tabla perteneciente a carbono orgánico total se puede observar que en el rango de 0% a 2,4% se encuentran 8 puntos, en el rango de 2,4% a 4,8% se encuentran 16 puntos, en el rango de 4,8% a 7,2% se encuentra 1 puntos, en el rango de 7,2% a 9,6% no se encuentra ningún dato y en el rango de 9,6% a 12% se encuentra 1 dato.

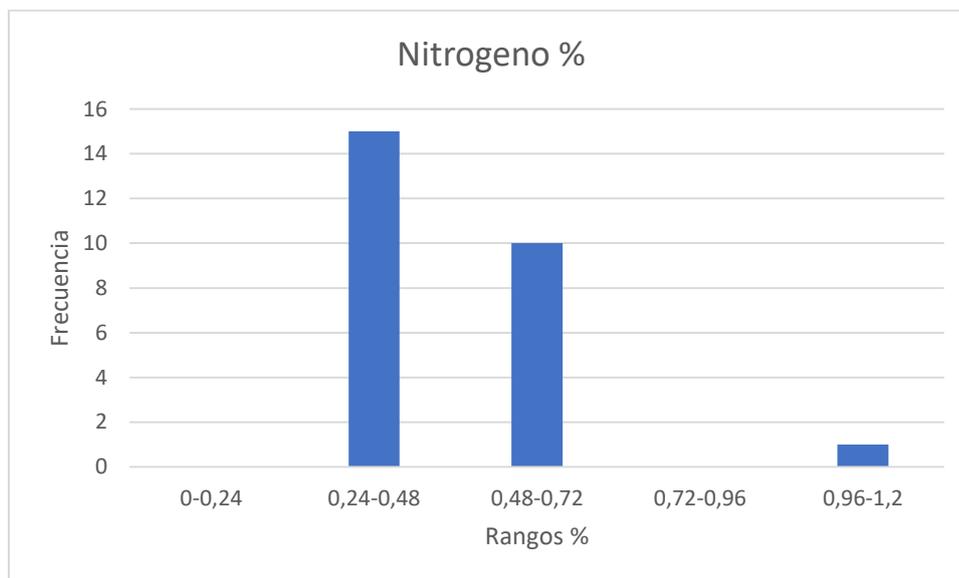


Gráfico 8-3. Frecuencia del nitrógeno de sedimentos de la laguna de Yambo

Realizado por: Andrango Ashqui, E., 2022.

En la siguiente tabla de nitrógeno se puede observar que en el rango de 0 % a 2,4 % no se encuentra ningún dato, en el rango de 0,24 % a 0,48 % se encuentran 15 datos, en el rango de 0,48 % a 0,72 % se encuentran 10 puntos, en el rango 0,72% a 0,96 % no se encuentra ningún punto y en el rango de 0,96 % a 1,2 % se presenta 1 punto.

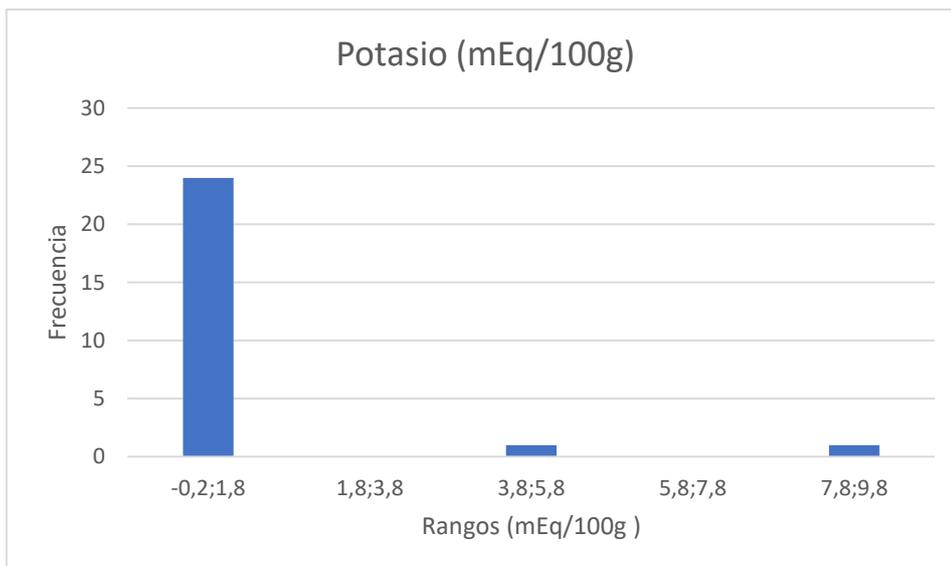


Gráfico 9-3. Frecuencia del potasio de sedimentos de la laguna de Yambo

Realizado por: Andrango Ashqui, E., 2022.

En el siguiente gráfico de potasio se puede observar que en el rango de -0,2 mEq/100g a 1,8 mEq/100g se encuentran 24 puntos, en el rango de 1,8 mEq/100g a 3,8 mEq/100g no se encuentra ningún dato, en el rango de 3,8 mEq/100g a 5,8 mEq/100g se encuentra 1 dato, en el rango de 5,8 mEq/100g a 7,8 mEq/100g no se encuentra ningún dato y en el rango de 7,8 mEq/100g a 9,8 mEq/100g se encuentra 1 punto.

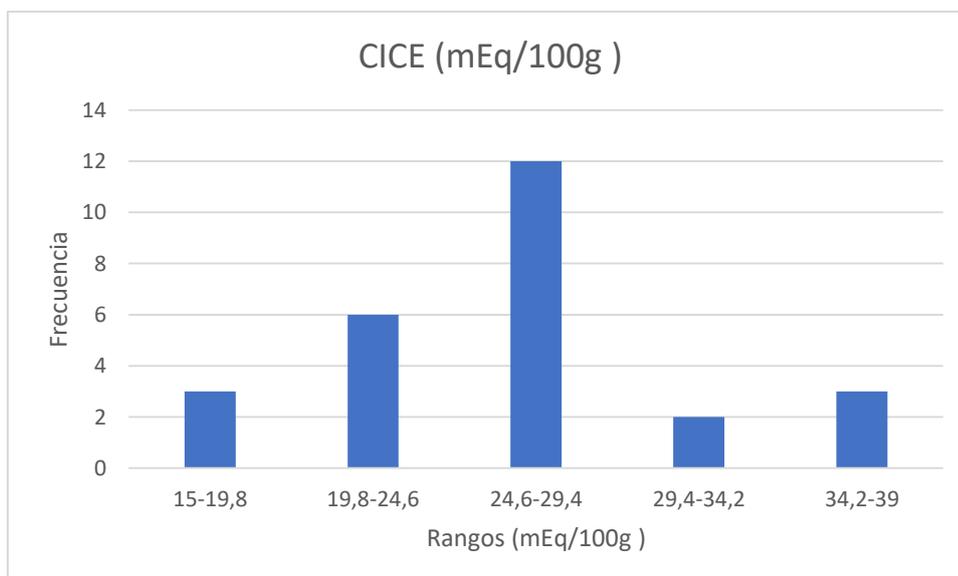


Gráfico 10-3. Frecuencia del CICE de sedimentos de la laguna de Yambo

Realizado por: Andrango Ashqui, E., 2022.

En la siguiente tabla de capacidad de intercambio catiónico se puede observar que en el rango de 15 mEq/100g a 19,8 mEq/100g se encuentran 3 puntos, en el rango de 19,8 a 24,6 se encuentran 6 puntos, en el rango de 24,6 mEq/100g a 29,4 mEq/100g se encuentran 12 puntos, en el rango de 29,4 mEq/100g a 34,2 mEq/100g se encuentran 2 puntos y en el rango de 34,2 mEq/100g a 39 mEq/100g se encuentran 3 puntos.

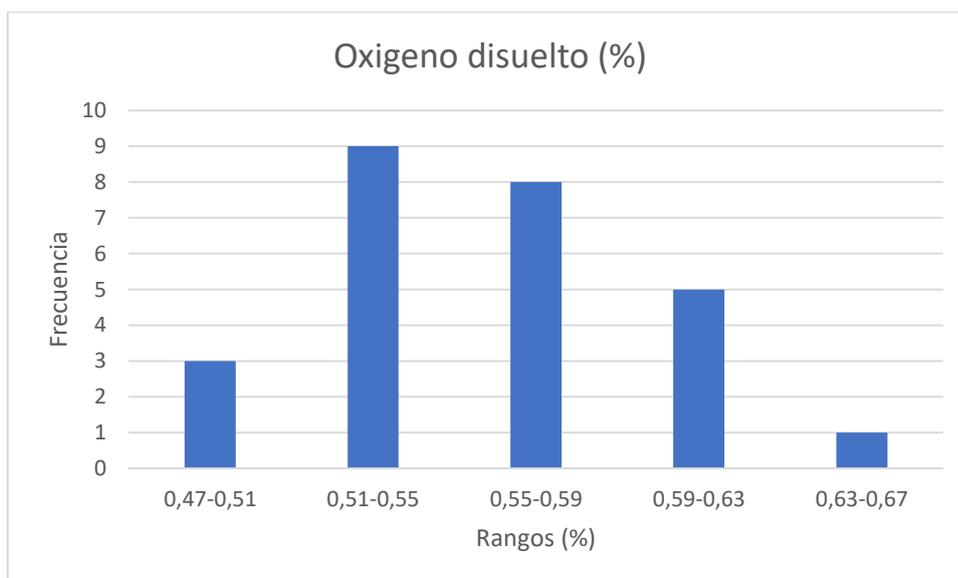


Gráfico 11-3. Frecuencia del oxígeno disuelto de sedimentos de la laguna de Yambo

Realizado por: Andrango Ashqui, E., 2022.

En la siguiente tabla perteneciente a oxígeno disuelto se observa que en el rango de 0,47% a 0,51% se encuentran 3 puntos, en el rango de 0,51% a 0,55% se encuentran 9 puntos, en el rango de 0,55% a 0,59% se encuentran 8 puntos, en el rango de 0,59% a 0,63% se encuentran 5 puntos y en el rango de 0,63% a 0,67% se presenta 1 dato.

3.3. Relación entre los diferentes parámetros y nutrientes

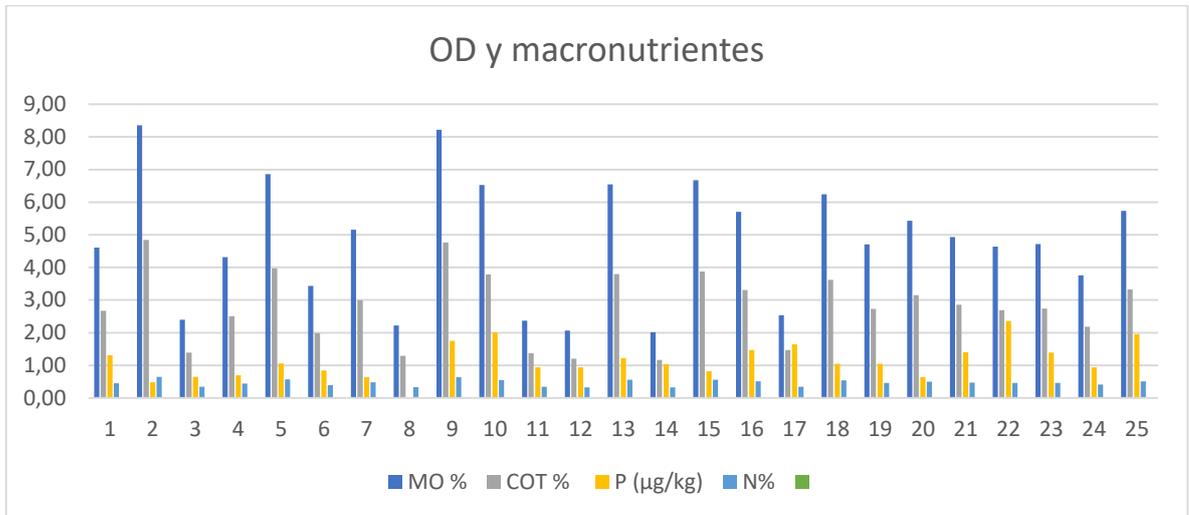


Gráfico 12-3. Relación oxígeno disuelto con macronutrientes de los sedimentos de la laguna de Yambo

Realizado por: Andrango Ashqui, E., 2022.

En la siguiente tabla se pudo observar la relación que existe entre materia orgánica, carbono orgánico total, fósforo y nitrógeno con oxígeno disuelto, evidenciando lo más notorio que fue el carbono orgánico total (COT) con materia orgánica estaban relacionados, a mayor COT se presentó menor MO, y a menor COT se presentó mayor MO. En cuanto a Oxígeno disuelto y materia orgánica no se observó influencia alguna, entre oxígeno disuelto y COT no se observó alguna relación, entre OD y fósforo (P) no se pudo observar alguna relación, entre oxígeno disuelto y nitrógeno (N) se evidenció relación, no fue del todo significativa, pero se pudo establecer que mientras mayor fue el OD se redujo el N, y mientras más N exista el OD se redujo.

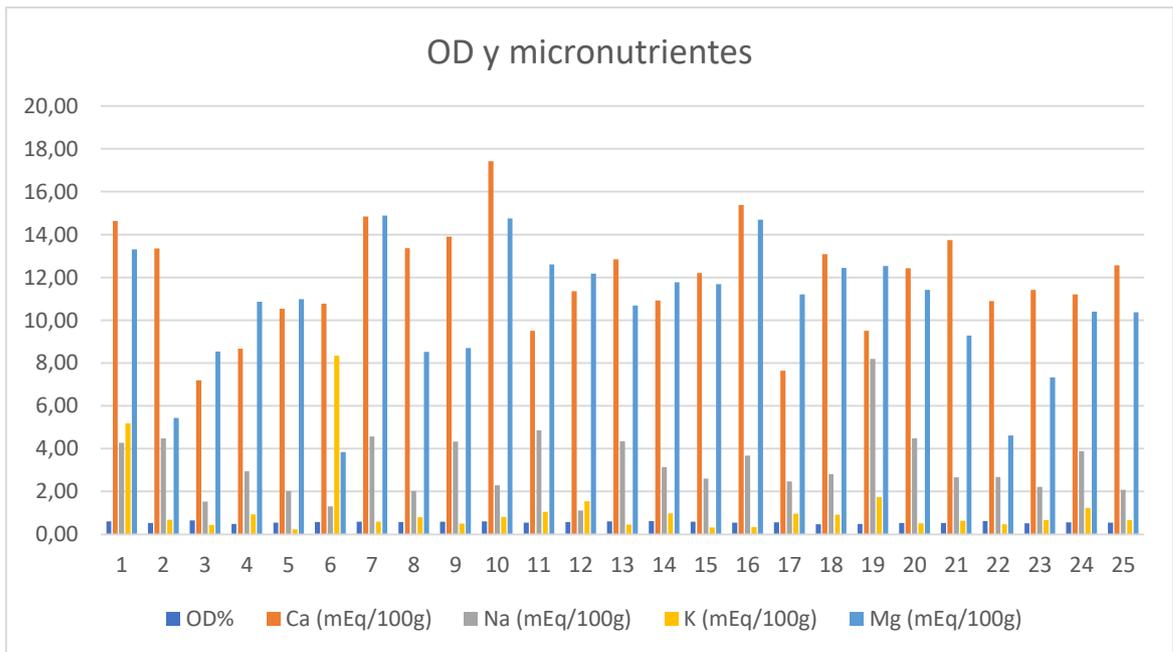


Gráfico 13-3. Relación oxígeno disuelto con micronutrientes de los sedimentos de la laguna de Yambo

Realizado por: Andrango Ashqui, E., 2022.

En la presente grafica de los parámetros oxígeno disuelto (OD), calcio (Ca), sodio (Na), potasio (K), magnesio (Mg), no se pudo observar que exista alguna relación entre los nutrientes y el oxígeno disuelto (OD). Sin embargo, se logró observar que entre calcio y magnesio se presentó una relación, mientras el calcio se redujo el magnesio lo hacía igual, y mientras el magnesio se redujo el calcio también lo hizo.

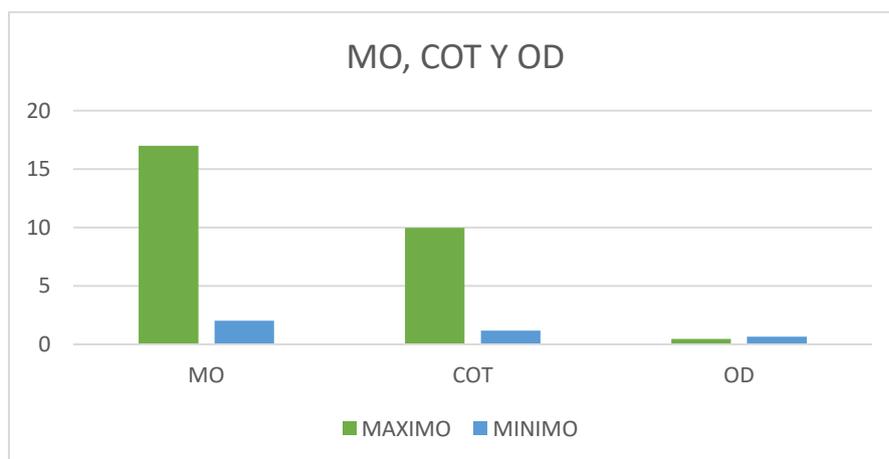


Gráfico 14-3. Relación materia orgánica (MO), Carbono orgánico total (COT) y Oxígeno disuelto (OD)

Realizado por: Andrango, Evelin, 2022.

En la gráfica se observó la relación entre los parámetros; materia orgánica, carbono orgánico total y oxígeno disuelto, en la que se identificó que a medida que uno de los parámetros aumenta los demás hacen lo mismo y de igual manera en viceversa, cuando OD aumenta lo hacen también COT y MO, y cuando MO se reduce lo hacen de la misma forma COT y OD, además se logró determinar que el COT es aproximadamente la mitad de MO, esto sucede por el aumento de materia orgánica en que existe la presencia de microorganismos, debido a la acción de estos consumen el oxígeno presente en el agua y como resultado este se ve reducido, al igual que el carbono orgánico total.

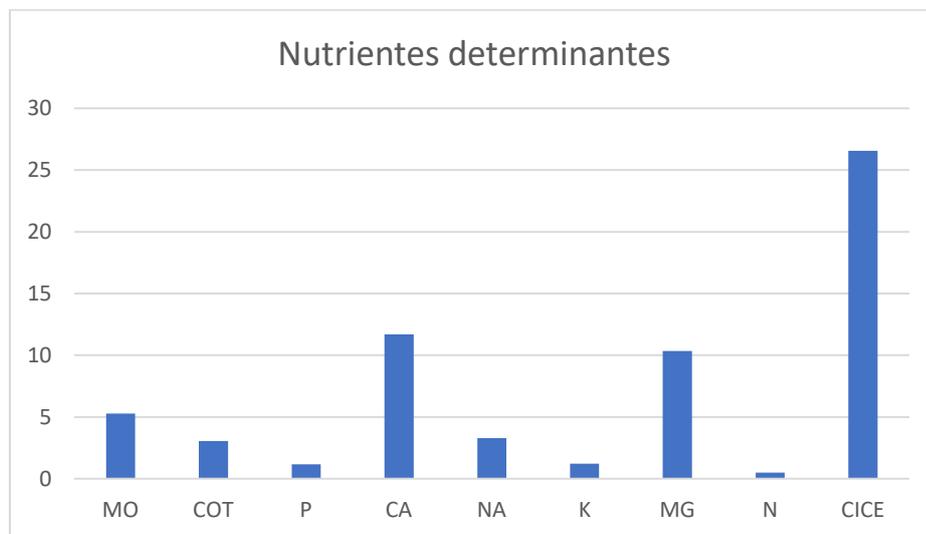


Gráfico 15-3: Relación entre nutrientes

Realizado por: Andrango Ashqui, E., 2022.

En la gráfica se pudo observar los nutrientes de acuerdo con su cantidad cuales son determinantes, de mayor a menor son nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), sodio (Na), magnesio (Mg) y calcio (Ca), siendo estos dos últimos los que se encontraron en mayores cantidades a diferencia de los demás, lo que se ve reflejado también en el pH de las muestras que son básicas, por la presencia de carbonatos.

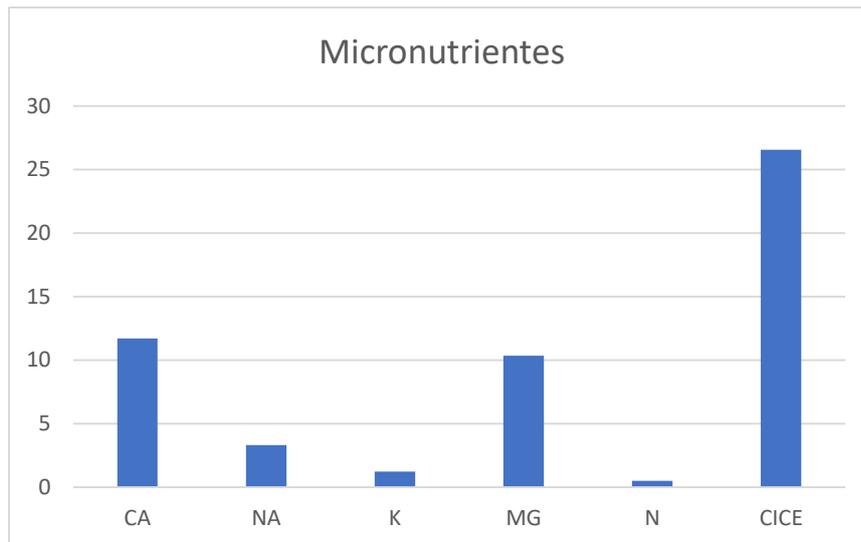


Gráfico 16-3. Micronutrientes

Realizado por: Andrango Ashqui, E., 2022.

En la siguiente grafica se pudo observar y que los micronutrientes se encuentran de menor a mayor: nitrógeno (N), potasio (K), sodio (Na), magnesio (Mg) y calcio (Ca), siendo los de menor cantidad nitrógeno y potasio y de mayor cantidad calcio y magnesio, y la capacidad de intercambio catiónico (CICE) da un resultado aceptable para que los nutrientes se encuentren disponibles.

3.4. Resultados análisis estadístico

Tabla 6-3. Resultados de análisis estadístico

	<i>Materia orgánica</i> %	<i>COT %</i>	<i>P (mg/kg)</i>	<i>Ca</i> (mEq/100g)	<i>Na</i> (mEq/100g)
Promedio	5,28308	3,06462	1,16973	11,6946	3,2983
Varianza	9,28734	3,12024	0,310347	7,70115	2,30925
Desviación Estándar	3,04751	1,76642	0,557088	2,77509	1,51962
Coefficiente de Variación	57,6845%	57,6392%	47,6253%	23,7297%	46,0729%
Error Estándar	0,597667	0,346424	0,109254	0,544241	0,298022
Mínimo	2,01	1,17	0,01	4,7081	1,1118
Máximo	17	9,97	2,36	17,4255	8,1897

Realizado por: Andrango, Evelin, 2022.

En la presente tabla se puede observar los valores obtenidos. Materia orgánica tuvo un promedio de 5,28% \pm 0,60. varianza de 9,29, desviación estándar de 3,05, coeficiente de variación de 57,68%, un valor mínimo de 2,01% perteneciente al punto 15 ubicado en el centro de la laguna, un valor máximo de 17,2% del punto 13 que se encuentra en el centro izquierdo de la misma, un cuartil inferior de 3,43 y un cuartil superior de 6,52.

La clasificación establecida por Ungemach (1960) al considerar sedimentos de 39 lagos en europea y un lago de África (el Victoria) los agrupa en dos categorías: los que poseen un porcentaje de materia orgánica más de 10%, se consideran sedimentos orgánicos de tipo gyttja; y aquellos que presentan un porcentaje menor de 10%; se clasifican como sedimentos minerales (Ramirez y Noreña, 2004: p. 179). Claramente, en el presente estudio la materia orgánica (5,28%) posee un valor relativamente bajo, indica que la laguna de Yambo contiene sedimentos de tipo mineral. Sin embargo, se encontró un punto que resulta ser sedimentos orgánicos de tipo gyttia.

El porcentaje de materia orgánica indicado de la tabla (5,28%) es un valor inferior al encontrado por (Zavaleta, et al., 2018: pp. 161-167) en los sedimentos de un humedal Laguna Bella en Perú (11,77%), y es superior al estudio realizado por Covarrubias et al. (2018) de los sedimentos de la laguna mexicana La Zcatecana que se encontró en un rango de 4,3% - 1,2%.

Carbono orgánico total tuvo un valor promedio de 3,064% \pm 0,35, varianza de 3,12, desviación estándar de 1,77, coeficiente de variación de 57,64%, un valor mínimo de 1,17% perteneciente al punto 15 ubicado en el centro norte de la laguna, un valor máximo de 9,97% del punto 13 que se encuentra en el centro izquierdo de la misma, un cuartil inferior de 1,99 y un cuartil superior de 3,78.

La concentración de carbono orgánico total (COT) es un parámetro fundamental para describir la abundancia de materia orgánica en los sedimentos. La pérdida de peso por ignición (LOI) también se utiliza a veces para estimar la cantidad de materia orgánica presente en los. La materia orgánica típica contiene aproximadamente un 50 % de carbono, por lo que los valores LOI son equivalentes a aproximadamente el doble de los valores de TOC. Debido a que las cantidades variables de componentes de sedimentos volátiles que no son de carbono a veces pueden aumentar los valores de LOI y dar lugar a una materia orgánica inflada (Meyers y Teranes, 2001: pp 239-240). El carbono orgánico total de 3,064% evidencia que lo anterior mencionado resulta ser cierto en cuanto a materia orgánica en el estudio realizado. En la investigación realizada por (Avramidis et al., 2015; p.427) estableció que baja concentración será menor a 5% y alta concentración será mayor a 5%, a lo que el presente estudio entró como de baja concentración. Según el estudio realizado por (Kohfahl, 2016; p.876) en el campo de Doñana del parque nacional de España a los sedimentos de aguas subterráneas y superficiales el COT fue de 2,04% el COT que se encontró en la laguna de Yambo es mayor.

El fósforo tuvo un promedio de 1,17 mg/kg \pm 0,11, una varianza de 0,31, desviación estándar de 0,56, coeficiente de variación de 47,62%, un valor mínimo de 0,01 mg/kg que se encuentra en

el punto 8 en la parte norte de la laguna y un máximo de 2,36 mg/kg, valor que se encuentra en el punto 23 en la parte centro sur de la misma, un cuartil inferior de 3,43 y un cuartil superior de 6,52.

Los valores de fosforo que se obtuvieron son mucho menores (1,17 mg/kg), si se los compara con estudios similares (Quiroz et al., 2018) realizados a sedimentos (308.8 mg/Kg fósforo) realizados en el lago Tecocomulco que su cantidad es debido a su extensión y la diversidad de hidrófitas que allí existen. De igual manera se evidencia la diferencia en el estudio (Huang, 2005) en el que el fosforo resultó de 406 and 3070 mg/kg.

El calcio tuvo un promedio de 11,69 mEq/100g \pm 0,54, varianza de 7,70, desviación estándar de 2,76, coeficiente de variación de 23,73%, un valor mínimo de 4,71 mEq/100 g que se encuentra en el punto 13 en la parte centro norte de la laguna y un máximo de 17,43 mEq/100 g μ g/kg, valor que se encuentra en el punto 10 en la parte centro norte la misma, un cuartil inferior de 10,54 y un cuartil superior de 13,37.

Menor a la encontrada en el estudio realizado a los sedimentos de una Laguna Tropical Rasa de Colombia (Ramírez, 2004) donde la concentración de calcio hallada fue de 14.9 mEq/100 g de sedimento. Además, esta laguna siempre se ha caracterizado por la casi total ausencia de diatomeas y desmidias y por los altos valores de dureza por calcio y magnesio.

El sodio tuvo un promedio de 3,30 mEq/100g \pm 0,30, una varianza de 2,31, desviación estándar de 1,52, coeficiente de variación de 46,07%, un valor mínimo de 1,11 mEq/100g que se encuentra en el punto 12 en la parte centro norte de la laguna y un máximo de 8,19 mEq/100g, valor que se encuentra en el punto 20 en la parte sur la misma, un cuartil inferior de 10,54, un cuartil superior de 13,37, un sesgo estandarizado resultó ser de 2,55 y la curtosis estandarizada fue de 2,94.

Tabla 7-3. Resultados de análisis estadístico

	<i>K</i> (mEq/100g)	<i>Mg</i> (mEq/100g)	<i>N</i> (%)	<i>CICE</i> (mEq/100g)
Promedio	1,2162	10,3531	0,488077	26,5622
Varianza	2,9945	9,12197	0,0245762	27,6777
Desviación Estándar	1,73046	3,02026	0,156768	5,26096
Coefficiente de Variación	142,284%	29,1726%	32,1195%	19,8062%
Error Estándar	0,339371	0,592322	0,0307447	1,03176
Mínimo	0,2275	3,8386	0,32	16,2506
Máximo	8,3408	14,8821	1,1	37,4158
Cuartil Inferior	0,5089	8,5371	0,39	23,7666
Cuartil Superior	0,974	12,4367	0,55	28,8394
Sesgo Estandarizado	7,29077	-1,22288	5,0147	0,34791
Curtosis Estandarizada	13,1773	-0,222644	9,19553	0,0024921

Realizado por: Andrango Ashqui, E., 2022.

El potasio tuvo un promedio de 1,22 mEq/100g \pm 0,34, una varianza de 2,99, desviación estándar de 1,73, coeficiente de variación de 142,28%, un valor mínimo de 0,23 mEq/100g que se encuentra en el punto 5 en la parte sur de la laguna y un máximo de 8,34 mEq/100g que se encuentra en el punto 6 en la parte norte la misma, un cuartil inferior de 0,51, un cuartil superior de 0,97, un sesgo estandarizado resultó ser de 7,29 y la curtosis estandarizada fue de 13,18.

El magnesio tuvo un promedio de 10,35 mEq/100g \pm 0,59, varianza de 9,12., desviación estándar de 3,02, coeficiente de variación de 29,1%, un valor mínimo de 3,84 mEq/100g que se encuentra en el punto 6 en la parte norte de la laguna y un máximo de 14,88 mEq/100g, valor que se encuentra en el punto 7 en la parte norte la misma, un cuartil inferior de 8,54, un cuartil superior de 12,44, un sesgo estandarizado resultó ser de -1,22 y la curtosis estandarizada fue de -0,22.

El nitrógeno tuvo un valor promedio de 0,49% \pm 0,031, una varianza de 0,02., desviación estándar de 0,16, coeficiente de variación de 32,12%, un valor mínimo de 0,32%, que se encuentra en el punto 15 en la parte centro norte de la laguna y un máximo de 1,1% que se encuentra en el punto 13 en la parte centro norte la misma, un cuartil inferior de 0,39, un cuartil superior de 0,55, un sesgo estandarizado resultó ser de 5,01 y la curtosis estandarizada fue de 9,20.

Capacidad de intercambio catiónico (CICE) tuvo un promedio de 26,56 mEq/100g \pm 1,03, una varianza de 27,68, desviación estándar de 5,26, coeficiente de variación de 19,81%, un valor mínimo de 16,25 mEq/100g que se encuentra en el punto 13 ubicado en el centro norte de la laguna, un máximo de 37,42 mEq/100g que pertenece al punto 1 ubicado en el norte de esta, el sesgo estandarizado resultó ser de 0,35 y la curtosis estandarizada fue de 0,002.

La cantidad de capacidad de CICE (26,56 mEq/100g) resultó ser mayor en comparación con la que se encontró en el estudio (Lin, 1998) que se realizó a los sedimentos de dos ríos pertenecientes al norte de Taiwán, que osciló entre 6 y 10 meq/100g. Los suelos con una CIC bajan tienen más probabilidades de desarrollar deficiencias de potasio (K⁺), magnesio (Mg²⁺) y otros cationes, mientras que los suelos con una CIC alta son menos susceptibles a la lixiviación de estos cationes.

3.5. Resultados de correlaciones entre los diferentes parámetros

Tabla 8-3. Matriz de correlación con los diferentes parámetros

	MO %	COT %	P (µg/kg)	Ca (mEq/100g)	Na (mEq/100g)	K (mEq/100g)	Mg (mEq/100g)	N (%)	CICE (mEq/100g)
MO%		1,0000	0,4181	-0,1304	0,3093	-0,2029	-0,2270	0,9999	-0,1766
		0,0000	0,0335	0,5254	0,1242	0,3201	0,2647	0,0000	0,3882
COT %	1,0000		0,4180	-0,1304	0,3090	-0,2030	-0,2274	0,9999	-0,1769
	0,0000		0,0336	0,5254	0,1245	0,3199	0,2639	0,0000	0,3874
P (µg/kg)	0,4181	0,4180		-0,0246	-0,0013	-0,1072	-0,0870	0,4127	-0,0985
	0,0335	0,0336		0,9051	0,9950	0,6023	0,6726	0,0362	0,6320
Ca (mEq/100g)	-0,1304	-0,1304	-0,0246		-0,0378	0,0109	0,3993	-0,1332	0,7494
	0,5254	0,5254	0,9051		0,8547	0,9577	0,0433	0,5166	0,0000
Na (mEq/100g)	0,3093	0,3090	-0,0013	-0,0378		-0,1040	0,2273	0,3128	0,3652
	0,1242	0,1245	0,9950	0,8547		0,6130	0,2641	0,1197	0,0666
K (mEq/100g)	-0,2029	-0,2030	-0,1072	0,0109	-0,1040		-0,2361	-0,2077	0,1691
	0,3201	0,3199	0,6023	0,9577	0,6130		0,2456	0,3086	0,4089
Mg (mEq/100g)	-0,2270	-0,2274	-0,0870	0,3993	0,2273	-0,2361		-0,2253	0,7727
	0,2647	0,2639	0,6726	0,0433	0,2641	0,2456		0,2684	0,0000
N (mg)	0,9999	0,9999	0,4127	-0,1332	0,3128	-0,2077	-0,2253		-0,1775
	0,0000	0,0000	0,0362	0,5166	0,1197	0,3086	0,2684		0,3855
CICE (mEq/100g)	-0,1766	-0,1769	-0,0985	0,7494	0,3652	0,1691	0,7727	-0,1775	
	0,3882	0,3874	0,6320	0,0000	0,0666	0,4089	0,0000	0,3855	

Realizado

por:

Andrango

Ashqui,

E.,

2022.

Correlaciones fuertes: los resultados de las correlaciones entre fósforo (P), calcio (Ca), sodio (Na), potasio (K), magnesio (Mg), materia orgánica (MO) y capacidad de intercambio catiónico (CICE). Se puede observar que MO tiene un valor de 1 en relación con carbono orgánico total (COT), MO tuvo un valor de 0,99 en relación con Nitrógeno (N), Ca tuvo un valor de 0,75 con CICE, Mg y CICE tuvieron un valor de 0,77, N y COT tuvieron un valor de 0,99.

Correlaciones moderadas: MO y P un valor de 0,42, MO y Na un valor de 0,31, COT y P un valor de 0,41, COT y Na un valor de 0,31, P y MO un valor de 0,42, P y COT un valor de 0,42, P y N un valor de 0,4, Ca y Mg un valor de 0,39, Na y MO un valor de 0,31, Na y COT un valor de 0,31, Na y N un valor de 0,31, Mg y Ca un valor de 0,40, CICE y Na un valor de 0,37.

Correlaciones débiles: la relación de Na con Mg y K con CICE se evidencia una correlación débil de 0,23 y 0,17 respectivamente.

Correlaciones nulas: Ca con K de un valor de 0,0109.

Correlaciones inversas: nula para las relaciones de Ca y P con un valor de -0,02, Na y P con un valor de -0,0013, Mg y P con un valor de -0,09, CICE con P con un valor de -0,1, Na y Ca con un valor de -0,04, K y Na con un valor de -0,10. Se evidencia una correlación débil para las relaciones de Ca y MO con un valor de -0,13, P y MO con un valor de -0,20, Mg y MO con un valor de -0,23, CICE y MO con un valor de -0,18, K y P con un valor de -0,11, Mg y K con un valor de -0,24.

Los números de coloración roja representan el valor -P que indica la significancia estadística de las correlaciones estimadas, un valor debajo de 0,05 muestra correlaciones diferentes de cero, con un nivel de confianza de 95,0%, de estos se observaron los siguientes: MO y COT, MO y P, MO y N, COT y P, COT y N, P y N, Ca y Mg, Ca y CICE, Mg y CICE.

CONCLUSIONES

Se realizó la determinación de los nutrientes fósforo (P), nitrógeno (N), calcio (Ca), sodio (Na), potasio (K) y magnesio (Mg) de los sedimentos lacustres de la laguna de Yambo que se encuentra ubicada en la provincia de Cotopaxi, después de haber realizado su extracción con la utilización de una draga tipo ponar y posteriormente secadas y analizadas en el laboratorio perteneciente al grupo GIDAC. Así como también se realizó el análisis de diferentes parámetros como pH, conductividad eléctrica, color, textura, materia orgánica (MO) y carbono orgánico total (COT).

Se identificó los nutrientes determinantes de acuerdo con las correlaciones y gráficas que se presentaron entre los diferentes parámetros que fueron, fósforo (P), calcio (Ca), sodio (Na), potasio (K), magnesio (Mg), y nitrógeno (N) tomando en cuenta los resultados se manifestó de menor a mayor, $N < P < K < Na < Mg < Ca$

Se analizó la capacidad de intercambio catiónico después de haber establecido los valores de sodio, potasio, calcio y magnesio, dando como resultado una CICE de 26,56 (*mEq/100g*) considerable que clasifica a los sedimentos como de tipo arcilla y margas arcillosas, y a su vez refleja por los datos obtenidos que son capaces de retener nutrientes, es decir que el suministro de estos se encuentra disponible.

Se evaluó la incidencia de los nutrientes que fueron extraídos de los sedimentos lacustres, con el oxígeno disuelto de agua de la laguna de Yambo, dando como resultado ninguna influencia con dichos parámetros, sin embargo, se evidenció una relación entre materia orgánica y carbono orgánico total, al aumentar MO también lo hace COT y viceversa, es decir que se puede llegar a determinar que COT es aproximadamente el 50% de materia orgánica.

RECOMENDACIONES

- Realizar el análisis de sedimentos en un tiempo aproximado de un mes luego de la extracción de las muestras del fondo de la laguna.
- Tomar las muestras variando los meses, para así de esta manera determinar si existe algún cambio en los datos de acuerdo con el tiempo.
- Se recomienda realizar estudios en el agua ya que en sedimento no se ha encontrado mayor influencia de nutrientes, para ellos se debería realizar análisis del fitoplancton.
- Realizar el estudio tomando en cuenta la climatología de la laguna ya que es una zona en la que constantemente varía el ambiente en el que se encuentra.

BIBLIOGRAFÍA

ARCOS NAVARRO, Lizeth Yovanna, et al. La educación ambiental: una mirada reflexiva en el presente. 2018. [Consulta: 13 enero 2022]. Disponible en: [https://repository.unicatolica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12237/1411/_EDUCACI% c3%93 N_AMBIENTAL_UNA_MIRADA_REFLEXIVA_PRESENTE_.pdf?sequence=1&isAllowed =y](https://repository.unicatolica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12237/1411/_EDUCACI%c3%93N_AMBIENTAL_UNA_MIRADA_REFLEXIVA_PRESENTE_.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

ALI, Muhammad, et al. 2015. Nitrogen/Protein Determination In Milk Proteins By Dumas Combustion Method. Disponible en: <http://www.unitylabservices.eu/content/dam/tfs/ATG/CMD/cmd-documents/sci-res/posters/ea/oea/PN-42226-OEA-Nitrogen-Protein-Milk-Proteins-Pittcon2015-PN42226-EN.pdf>

ARIZALA CARPIO, S.F. *Estudio de las condiciones ambientales del sistema lacustre de Ozogoché, Parque Nacional Sangay, previo a la declaratoria como sitio RAMSAR* [en línea]. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2018, [Consulta: 13 enero 2022]. Disponible en: <http://dspace.espacech.edu.ec/bitstream/123456789/10361/1/33T0196.pdf>.

AVRAMIDIS, Pavlos; NIKOLAOU, Konstantinos; BEKIARI, Vlasoula. Total organic carbon and total nitrogen in sediments and soils: a comparison of the wet oxidation–titration method with the combustion-infrared method. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2015, vol. 4, p. 425-430.

ARTUR, Nelson A. Caracterização da textura dos sedimentos superficiais do fundo do estuário de Macuse-Zambézia. 2019. [Consulta: 30 julio 2022]. Disponible en: <http://monografias.uem.mz/bitstream/123456789/2432/1/2019%20-%20Artur%2c%20Nelson%20Ant%3%b3nio.pdf.pdf>

BOYD, Claude E. Eutrophication. En *Water Quality*. Springer, Cham, 2020. p. 311-322. [Consulta: 18 abril 2022]. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-030-23335-8_15

BRITANNICA, The Editors of Encyclopaedia. "biogeochemical cycle". *Encyclopedia Britannica*, 1 jun. 2020, [Consulta: 20 de abril 2022]. Disponible en: <https://www.britannica.com/science/biogeochemical-cycle>. Accessed 20 April 2022.

CÁRDENAS IBUJÉS, David Alejandro; PAREDES CUCHIPARTE, Brigitte Yajaira.

Evaluación del secuestro de carbono en sedimentos de manglar de cuatro edafopaisajes en dos islas del archipiélago de Galápagos. 2020.

CARPENTER, Stephen R. Eutrophication of aquatic ecosystems: bistability and soil phosphorus. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2005, vol. 102, no 29, p. 10002-10005. [Consulta: 13 de abril 2022]. Disponible en: <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.0503959102>

CASANOVAS, Marcelo Ramón. Determinación de la concentración de nitrógeno necesaria para bioensayos de limitación de nutrientes en algas de la laguna Don Tomás. 2008. [Consulta: 18 enero 2022]. Disponible en: <https://repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/2070>

COVARRUBIAS, Sergio A., et al. Spatial variability of heavy metals in soils and sediments of “La Zacatecana” Lagoon, Mexico. *Applied and Environmental Soil Science*, 2018, vol. 2018.

CULMAN, Steve, et al. *Calculating Cation Exchange Capacity, Base Saturation and Calcium Saturation* [blog]. Ohio: ECFAES, 2019. [Consulta: 30 de julio 2022]. Disponible en: <https://ohioline.osu.edu/factsheet/anr-81>

ECOSHAPÉ. *Lakes environment* [blog]. [Consulta: 26 Julio 2022]. Disponible en: <https://www.ecoshape.org/en/lakes-environment/#:~:text=The%20lake%20ecosystem%20provides%20many,water%20purification%20and%20recreational%20opportunities.>

EINARSSON, Arni, et al. The ecology of Lake Myvatn and the River Laxá: variation in space and time. *Aquatic Ecology*, 2004, vol. 38, no 2, p. 317-348. [Consulta: 10 de marzo 2022]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1023/B:AECO.0000032090.72702.a9>

ERAZO LÓPEZ, Estéfany Alejandra. *Uso de Algoritmo de Inteligencia Artificial para Desarrollar una Metodología para Medir la Textura de los Suelos*. 2019. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Chimborazo, 2019.

FAN, Xianfang, et al. Different influences of bacterial communities on Fe (III) reduction and phosphorus availability in sediments of the cyanobacteria-and macrophyte-dominated zones. *Frontiers in microbiology*, 2018, p. 2636. . [Consulta: 10 de marzo 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02636>

GOVERNMENT OF NEW BRUNSWICK. *Lake Properties* [blog]. Canadá, 2022. [Consulta: 30 de julio 2022]. Disponible en: <https://www2.gnb.ca/content/gnb/en.html>

HERNÁNDEZ, D., Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones On the proper use of the Pearson correlation coefficient: definitions, properties and assumptions [en línea]. S.l.: Sociedad Venezolana de Farmacología Clínica y Terapéutica. 2018. [Consulta: 21 julio 2022]. Disponible en: <https://orcid.org/0000-0003->

HUANG, Qinghui, et al. Liberación de fósforo en respuesta a la variación del pH en los sedimentos del lago con diferentes proporciones de fósforo ligado al hierro y fósforo ligado al calcio. *Especificación química y biodisponibilidad* , 2005, vol. 17, n° 2, pág. 55-61.

JØRGENSEN, Bo Barker; FINDLAY, Alyssa J.; PELLERIN, André. The biogeochemical sulfur cycle of marine sediments. *Frontiers in microbiology*, 2019, vol. 10, p. 849. [Consulta: 14 de marzo 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00849>

KENNEDY, Vance Clifford. *Mineralogy and cation-exchange capacity of sediments from selected streams*. US Government Printing Office, 1965. [Consulta: 8 de abril. 2022]. Disponible en: <https://pubs.usgs.gov/pp/0433d/report.pdf>

KOHFAHL, Claus, et al. Algae metabolism and organic carbon in sediments determining arsenic mobilisation in ground-and surface water. A field study in Doñana National Park, Spain. *Science of The Total Environment*, 2016, vol. 544, p. 874-882.

Lane, Robert K. "lago". Enciclopedia Británica , 14 de agosto de 2019,. [Consulta: 22 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://www.britannica.com/science/lake>

LIN, Jih-Gaw; CHEN, Shen-Yi. The relationship between adsorption of heavy metal and organic matter in river sediments. *Environment international*, 1998, vol. 24, no 3, p. 345-352.

LYAUTEY, Emilie, et al. Diversity, Functions and Antibiotic Resistance of Sediment Microbial Communities From Lake Geneva Are Driven by the Spatial Distribution of Anthropogenic Contamination. *Frontiers in microbiology*, 2021, p. 3169. [Consulta: 7 de mar. 2022]. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2021.738629/full>

MA, Naijin, et al. Distribution of antibiotics in lake water-groundwater-Sediment system in Chenhu Lake area. *Environmental Research* [En línea], 2022, vol. 204, p. 112343. [Consulta: 13 enero 2022]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935121016443>

MEYERS, P. A.; TERANES, J. L. Sediment organic matter. In Last, W. M. & Smol, JP (eds.): *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Physical and Geochemical Methods*, 239–270. 2001. [Consulta: 30 Julio 2022]

MWAMBURI, Job. Lake Sedimentary Environments and Roles of Accumulating Organic Matter in Biogeochemical Cycling Processes and Contaminants Loading Are Invasions of Water Hyacinth in Lake Victoria from 1989 a Concern? Persistent Organic Pollutants, IntechOpen. En *Persistent Organic Pollutants*. IntechOpen [En línea], 2018. [Consulta: 22 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.intechopen.com/chapters/63874>

MOBILIAN, Courtney; CRAFT, Christopher B. *Wetland Soils: Physical and Chemical Properties and Biogeochemical Processes*. 2021. [Consulta: 30 julio 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128191668000499>

NALMS. Basics of Lake Science [blog]. [Consulta: 26 Julio 2022]. Disponible en: <https://www.nalms.org/home/basics-of-lake-management/>

NUTZ, Alexis, et al. Wind-driven waterbodies: a new category of lake within an alternative sedimentologically-based lake classification. *Journal of paleolimnology* [En línea], 2018, vol. 59, no 2, p. 189-199. [Consulta: 22 febrero 2022]. Disponible en: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10933-016-9894-2.pdf>

PARRO, Victor, et al. Microbiology and nitrogen cycle in the benthic sediments of a glacial oligotrophic deep andean lake as analog of ancient martian lake-beds. *Frontiers in microbiology* [En línea], 2019, vol. 10, p. 929. [Consulta: 10 de mar. 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00929>

PEARMAN, John K., et al. Local factors drive bacterial and microeukaryotic community composition in lake surface sediment collected across an altitudinal gradient. *FEMS Microbiology Ecology*, 2020, vol. 96, no 6, p. f1aa070.

PDA. Introduction to potash use [blog]. UK: PDA, 2019. [Consulta: 30 de junio 2022]. Disponible en: <https://www.pda.org.uk/wp/wp-content/uploads/2019/06/pda-lf8.pdf>

QUIROZ-FLORES, A. de J., et al. Acumulación de fósforo en sedimentos por comunidades de hidrófitas en el lago Tochac, Hidalgo, México. *Polibotánica*, 2018, no 46, p. 233-240.

RAMÍREZ RESTREPO, John y NOREÑA, Juan. Caracterización del sedimento de una laguna tropical rasa. [en línea] *Caldasia*, 2004 [Fecha consulta : 27 de julio 2022].

RENGASAMY, Pichu. pH del suelo – Australia Meridional [blog]. [Consulta: 30 julio 2022]. Disponible en: <https://soilquality.org.au/factsheets/soil-ph-south-austral>

RODRÍGUEZ CALVOPÍÑA, Silvana Patricia. *Determinación del Estado Trófico actual de la laguna de Colta mediante la cuantificación de parámetros químicos (fosfatos, nitratos) y transparencia Secchi*. 2019. Tesis de Licenciatura. Quito: UCE. [Consulta: 12 enero 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/18203>

RUTTENBERG, K. C. The global phosphorus cycle. *Treatise on geochemistry*, 2003, vol. 8, p. 682. [Consulta: 19 abril 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B0080437516081536?via%3Dihub>

SANTSCHI, Peter, et al. Chemical processes at the sediment-water interface. *Marine chemistry*, 1990, vol. 30, p. 269-315. [Consulta: 13 abril 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0304420390900760>

SENZE, Magdalena, et al. Cationes (Ca, Mg, Na, K) en el sedimento del fondo del embalse de la presa de Baja Silesia. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 2020, vol. 68, pág. sesenta y cinco. [Consulta: 30 julio 2022]. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/d26c/b8777a999e073728e5896795d6f7161fa1b3.pdf>

SCHINDLER, David W., et al. Eutrophication of lakes cannot be controlled by reducing nitrogen input: results of a 37-year whole-ecosystem experiment. *Proceedings of the National*

Academy of Sciences [En línea], 2008, vol. 105, no 32, p. 11254-11258. [Consulta: 13 abril 2022]. Disponible en: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.0805108105>

SHARMA, Aakriti, et al. Caracterización de suelos mediante espectrómetro portátil de fluorescencia de rayos X: 4. Capacidad de intercambio catiónico (CEC). *Geoderma*, 2015, vol. 239, pág. 130-134. [Consulta: 20 de abril 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706114003681>

UNIVERSITY OF WAIKATO, 2013. *The phosphorus cycle*. [blog]. [Consulta: 19 de abril 2022]. Disponible en: <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/961-the-phosphorus-cycle>

UNIVERSITY OF MARYLAND, 2021. *Terrestrial sedimentary environments VI - Lakes*. [blog]. [Consulta: 30 de julio 2022]. Disponible en: <https://www.geol.umd.edu/~jmerck/geol342/lectures/13b.html>

WANG, Jianjun, et al. Regional and global elevational patterns of microbial species richness and evenness. *Ecography*, 2017, vol. 40, no 3, p. 393-402.

WHITEFISH LAKE INSTITUTE. *How Lakes Function* [blog]. [Consulta: 18 de abril 2022]. Disponible en: <https://mtlakebook.wpengine.com/how-lakes-function/>

ZAVALETA DE LA CRUZ, Lauriano; ÑIQUE ÁLVAREZ, Manuel; LÉVANO CRISÓSTOMO, José. Caracterización físico-química de los sedimentos del humedal laguna bella en la selva de Huánuco, Perú. *Ecología Aplicada*, 2021, vol. 20, n° 2, pág. 161-167.

ENCYCLOPEDIA OF SOILS IN THE ENVIRONMENT. “Soil Color”. *El Sevier* [en línea], 2021, (United State of America). Párr. 1. [Consulta: 30 julio 2022]. ISBN 9780124095489. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/soil-color>

ANEXOS

ANEXO A: UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



ANEXO B: PREPACION DEL BOTE



ANEXO C: PREPARACION DEL BOTE PARA INGRESO A LA LAGUNA



ANEXO D: RECOLECCION DE MUESTRAS



ANEXO E: SECADO DE LAS MUESTRAS



ANEXO F: DETERMINACION DE COLOR DE LAS MUESTRAS



ANEXO G: MEDICION DE PH Y CONDUCTIIDAD ELECTRICA



ANEXO H: DETERMINACION DE TEXTURA DE LAS MUESTRAS



ANEXO I: DETERMINACION DE MATERIA ORGANICA DE LAS MUESTRAS



ANEXO J: UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



ANEXO K: MEDICION DE NUTRIENTES





epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 07 / 11 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Evelin Maricela Andrango Ashqui
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería en Biotecnología Ambiental
Título a optar: Ingeniera en Biotecnología Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.



1783-DBRA-UTP-2022

1783-DBRA-UTP-2022