



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**“EVALUACIÓN DE LA EUTROFIZACIÓN Y VARIABILIDAD
VERTICAL DE LAS CONCENTRACIONES DE NUTRIENTES EN
LA LAGUNA DE COLTA”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORES: DIEGO JAVIER SORIA FREIRE

NÉSTOR ANDRÉS SORIA FREIRE

DIRECTOR: Ing. Msc. ANDRÉS AGUSTÍN BELTRÁN DÁVALOS

Riobamba- Ecuador

2020

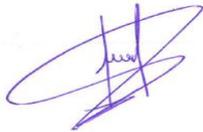
@ 2020, Diego Javier Soria Freire & 2020, Néstor Andrés Soria Freire

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 los Autores.

Nosotros, Diego Javier Soria Freire y Néstor Andrés Soria Freire, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académicas de los contenidos de este trabajo de titulación. El Patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Riobamba 12 de Febrero del 2020



Néstor Andrés Soria Freire

180445712-3



Diego Javier Soria Freire

180445711-5

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

El Tribunal de Trabajo de titulación certifica que: el trabajo de titulación: Tipo: Proyecto de Investigación, “**EVALUACIÓN DE LA EUTROFIZACIÓN Y VARIABILIDAD VERTICAL DE LAS CONCENTRACIONES DE NUTRIENTES EN LA LAGUNA DE COLTA.**”, realizado por los señores: DIEGO JAVIER SORIA FREIRE y NÉSTOR ANDRÉS SORIA FREIRE, ha sido revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de titulación, quedando autorizado así su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Carlos Rolando Rosero Erazo PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2020-02-12
Ing. Msc. Andrés Agustín Beltrán Dávalos DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2020-02-12
Dr. Fausto Manolo Yaulema Garcés MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2020-02-12

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo con mucho cariño y amor a nuestros padres: Néstor Soria y Rocío Freire, de igual manera a mis hermanos, ya que son los que nos apoyaron y motivaron para poder cumplir con nuestra meta, inculcándonos siempre valores de responsabilidad, dedicación y esfuerzo para lograr cumplir con nuestros objetivos.

Diego Soria.

Dedicamos este trabajo con mucho cariño y amor a nuestros padres: Néstor Soria y Rocío Freire, de igual manera a mis hermanos, ya que son los que nos apoyaron y motivaron para poder cumplir con nuestra meta, inculcándonos siempre valores de responsabilidad, dedicación y esfuerzo para lograr cumplir con nuestros objetivos.

Andrés Soria.

“Nadie triunfa sin esfuerzo. Aquellos que triunfan deben su éxito a la perseverancia.”
(RamanaMaharshi).

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por darnos la vida, en especial a mis padres quienes son el pilar fundamental, ejemplo a seguir y quienes nos han inculcado valores y principios para poder llegar a culminar esta etapa importante en nuestras vidas, gracias por su apoyo incondicional durante todo este proceso y nunca dejarnos caer. Gracias a mis hermanos que siempre nos han brindado su apoyo y consejos los cuales han sido una guía para poder llegar a la meta, en especial agradecemos a nuestro hermano Alex Soria quien nos ha acompañado en nuestra larga jornada de trabajo practico realizado durante todo este tiempo sin dejarnos solos y brindándonos su ayuda cuando más lo necesitamos.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por su alta excelencia académica, por permitirnos conocer buenos profesionales quienes nos han impartido de su conocimiento para poder enfrentarnos profesionalmente en la vida, agradecemos especialmente al Ing. Andrés Beltrán el cual ha estado presente durante todo el desarrollo de nuestra tesis, brindándonos su ayuda y apoyo para poder culminar exitosamente nuestro trabajo de Titulación.

Agradecemos al Ing. Benito Mendoza docente de la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Chimborazo, por facilitarnos el uso de un bote y todo el equipamiento necesario para resguardar nuestra seguridad y de esta manera llevar a cabo nuestro trabajo practico desarrollado en la Laguna de Colta.

En el proceso de esta tesis no lo podemos describir como algo fácil, pero podemos afirmar que lo disfrutamos cada momento y siempre estaremos agradecidos con nuestros amigos por el apoyo brindado ya que estuvieron siempre presentes.

Diego Soria
Andrés Soria

TABLA DE CONTENIDO

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

CAPÍTULO I

1. MARCO TEORICO REFERENCIAL	3
1.1. Antecedentes de la Investigación	3
1.2. Eutrófico.....	3
1.3. Oligotrófico	3
1.4. Residuos urbanos.....	3
1.5. Fumigación.....	4
1.6. Calidad del agua.....	4
1.7. Dragado.....	4
1.8. Eutrofización	4
1.8.1. Causas de la eutrofización	5
1.8.2. Efectos de la eutrofización	5
1.9. Nutrientes.....	6
1.10. Agricultura.....	6
1.10.1. Efecto de la Agricultura	6
1.11. Ganadería.....	6
1.12. Turbidez.....	7
1.12.1. Efecto de la turbidez.....	7
1.13. Transparencia del agua	7
1.14. Disco Secchi.....	8
1.15. Nitratos.....	8
1.16. Nitritos.....	8
1.17. Sulfatos	9
1.18. Fosfatos.....	9
1.19. Nitrógeno Total.....	9

1.20.	Oxígeno disuelto	10
1.21.	Temperatura del agua.....	10
1.22.	Conductividad eléctrica (CE) del agua.....	10
1.23.	pH del agua	10
1.24.	Matriz de Leopold	11

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO.....	12
2.1	Tipo de Investigación	12
2.2.	Diseño del Estudio	12
2.2.1.	<i>Identificación de variables</i>	12
2.3.	Localización del Estudio	13
2.4.	Etapas de la investigación.....	15
2.4.1.	<i>Recolección de muestras</i>	15
2.5.	Análisis de datos	15
2.5.1	<i>Sulfatos</i>	15
2.5.2	<i>Fosfatos</i>	16
2.5.3	<i>Nitratos</i>	17
2.5.4	<i>Nitritos</i>	17
2.5.5	<i>Nitrógeno total</i>	18
2.5.6	<i>Oxígeno disuelto</i>	19
2.5.7	<i>Multiparámetro (temperatura, pH y conductividad eléctrica)</i>	20
2.5.8	<i>Sólidos totales</i>	20
2.5.9	<i>Sólidos sedimentables</i>	20
2.5.10	<i>Carbonatos</i>	21
2.5.11	<i>Dióxido de carbono</i>	22
2.5.12.	<i>Bicarbonatos</i>	23

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
3.1.	Índice de Calidad del Agua (ICA)	25
3.2.	Variabilidad de Concentraciones de Nutrientes presentes en la laguna de Colta ..	31
3.3.	Índice de Estado Trófico de Carlson (1977) o TSI	32
3.4.	Cálculos de la Eutrofización de la Época Lluviosa y Época Seca	33

CONCLUSIONES.....	40
RECOMENDACIONES.....	41
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Relaciones de alcalinidad	23
Tabla 1-3: Identificación de los aspectos ambientales que influyen en la laguna de Colta mediante la Matriz de Leopold.	24
Tabla 2-3: Importancia de parámetros	27
Tabla 3-3: Cálculo ICA Total-Época Lluviosa	28
Tabla 4-3: Cálculo ICA Total-Época Seca	29
Tabla 5-3: Anova de Fosfatos	31
Tabla 6-3: Anova de Nitratos.....	31
Tabla 7-3: Anova de Nitritos	31
Tabla 8-3: Anova de Sulfatos.....	32
Tabla 9-3: Anova de Nitrógeno Total	32
Tabla 10-3: Clasificación Trófica según Carlson.....	33
Tabla 11-3: Cálculo de la Eutrofización de la Época Lluviosa.....	33
Tabla 12-3: TSI (DISCO SECCHI) de la Época Lluviosa.....	35
Tabla 13-3: Cálculo de la Eutrofización de la Época Seca	36
Tabla 14-3: TSI (DISCO SECCHI) de la Época Seca	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Laguna de Colta	13
Figura 2-2: Puntos Época Lluviosa.....	14
Figura 3-2: Puntos Época Seca	14
Figura 1-3: Criterios de valoración para el ICA	30
Figura 2-3: Criterios General para el ICA	30

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: ICA – Época Lluviosa	28
Gráfico 2-3: ICA – Época Seca.....	29
Gráfico 3-3: TSI (DISCO SECCHI) de la Época Lluviosa.....	35
Gráfico 4-3: TSI (DISCO SECCHI) de la Época Seca.....	38

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: PREPARACIÓN DEL BOTE

ANEXO B: MUESTREO

ANEXO C: ANÁLISIS EN LABORATORIO

RESUMEN

En el objetivo de este estudio se determinó la Eutrofización y variabilidad vertical de las concentraciones de nutrientes en la laguna de Colta e identificar los aspectos ambientales que influyen en la calidad del agua. Se realizó una distribución de la laguna en 16 puntos de monitoreo mediante el método Zigzag para obtener datos de la profundidad de la laguna realizado por Batimetría Manual que consta de un ancla unido a un tubo de 6 metros que nos sirve para medir la profundidad y un GPS para conocer las coordenadas de cada punto. Se procedió a la toma de muestras de agua en 3 profundidades con el equipo Van Dorn, con un volumen de 2 litros y cierre mecánico, marca Wildco Instruments, modelo: 3-1120-G45 para analizar su variabilidad vertical y la concentración de nutrientes. Se midieron parámetros fisicoquímicos in situ como: pH, Temperatura y la Turbiedad en cada punto. En el laboratorio de Calidad de Agua de la ESPOCH se realizaron análisis de Conductividad Eléctrica, Fosfatos, Nitratos, Nitritos, Sulfatos, Nitrógeno Total, Sólidos Totales, Sólidos Sedimentables, Dióxido de Carbono, Carbonatos, Bicarbonatos y Oxígeno Disuelto. Para el análisis estadístico se utilizó el Promedio y el método estadístico ANOVA para la variabilidad de nutrientes, mediante la matriz de Leopold los aspectos que más afectan a la calidad del agua es la agricultura y ganadería, se obtuvo que el ICA en la época lluviosa es 6107,9 y en la época seca es 5966,6 además que no existe Variabilidad de Nutrientes en las diferentes profundidades entre la época lluviosa y la época seca. Se concluye que según la ecuación de Carlson en la época Lluviosa y Seca la laguna de Colta se encuentra en estado Eutrófico y Mesotrófico. Se recomienda seleccionar más puntos de muestreo para obtener datos en mayor cantidad y poder corroborar la investigación.

Palabras claves: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <BIOTECNOLOGÍA>, <EUTROFIZACIÓN>, <NITRATOS>, <NITRITOS>, <FOSFATOS>, <AGRICULTURA>, <GANADERÍA>, <VAN DORN(EQUIPO)>, <BATIMETRÍA>, <MUESTREO>



ABSTRACT

In the objective of this study, it was determined the Eutrophication and vertical variability of the concentrations of nutrients in the Colta lagoon and identify the environmental aspects that influence the quality of the water. It was made a distribution of the lagoon in 16 monitoring points using the Zigzag method to obtain data on the depth of the lagoon performed by Manual Bathymetry that consists of an anchor attached to a 6-meter tube that serves to measure the depth and a GPS to know the coordinates of each point. Water samples were taken at 3 depths with the Van Dorn equipment, with a volume of 2 liters and mechanical seal, brand Widco Instruments model: 3-1120-G45 to analyze its vertical variability and nutrient concentration. Physicochemical parameters were measured in situ such as PH, Temperature, and Turbidity at each point. In the ESPOCH Water Quality laboratory analyzes of Electrical Conductivity, Phosphates, Nitrates, Nitrites, Sulfates, Total Nitrogen, Total Solids, Sedimentable Solids, Carbon Dioxide, Carbonates, Bicarbonates, and Dissolved Oxygen was performed. For the statistical analysis the Average and the ANOVA the statistical method was used for the variability of nutrients, through the Leopold matrix the aspects that most affect water quality are agriculture and livestock, it was obtained that the ICA in the rainy season is 6107.9 and in the dry season it is 5966.6 and there is no Nutrient Variability at different depths between the rainy season and the dry season. It is concluded that according to Carlson's equation in the Rainy and Dry season, the Colta lagoon is in the Eutrophic and Mesotrophic state. It is recommended to select more sampling points to obtain data in greater quantity and to corroborate the research.

Keywords: <ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCES>, <BIOTECHNOLOGY>, <EUTROFIZATION>, <NITRATES>, <NITRITES>, <PHOSPHATES>, <AGRICULTURE>, <LIVESTOCK>, <VAN DORN (EQUIPMENT)>, <BATIMETRY>, <SAMPLING>.



INTRODUCCIÓN

La laguna de Colta se encuentra ubicada en la provincia de Chimborazo, la cual se ve afectado por diversas actividades como agricultura, ganadería, fumigaciones y descargas de aguas residuales que impactan negativamente sobre este recurso.

La eutrofización es un proceso natural que se da en las lagunas, pero el hombre en su afán de satisfacer sus necesidades ha provocado grandes cambios sobre los recursos naturales.

La gran cantidad de nutrientes que llega disuelta a la laguna se da usualmente por la mayor cantidad de fertilizantes usados en suelos agrícolas y ganaderos que son vertidos en el agua los cuales son asimilados por plantas y algunos organismos simples que, al morir, son descompuestos por los microorganismos, esto implica un alto consumo del oxígeno disuelto, que delimita la vida de otros seres vivos y causa olores desagradables, provocando que el agua sea inservible. Implica una baja calidad de esta agua, así como un cambio drástico en las condiciones ambientales, esto altera el ecosistema de los seres vivos acuáticos y de organismos aerobios, causando su muerte y poniendo en peligro la salud humana. La eutrofización es una problemática ambiental más importante de lagos.

Mediante el uso del muestreador Van Dorn podremos obtener muestras de agua a diferentes profundidades para realizar los análisis correspondientes para conocer sus valores de concentraciones de nutrientes en la laguna. Existe un desconocimiento de la dinámica en la movilización de nutrientes en distintas alturas de la laguna, no permite efectuar una gestión correcta de este sistema lacustre para mitigar el proceso de eutrofización.

Los cambios drásticos en la laguna de Colta se dan de una manera acelerada, que afecta a factores que inciden en la baja calidad y cantidad provienen de los residuos sólidos y líquidos, producto de las actividades antrópicas cercanas a la laguna, existe una población considerable de ganado, que se alimenta de los pastos de la laguna de Colta y sus alrededores, donde la deposición directa de las heces es direccionada hacia la laguna.

No se conoce técnicamente de forma cuantitativa (concentraciones) y cualitativa (porcentajes de eutrofización), las externalidades como agricultura, ganadería, fumigaciones y descargas de aguas residuales generadas por la zona de estudio de la laguna de Colta que permitan una gestión, control y regulación del recurso hídrico mediante los procesos de dragado que permitan una gestión efectiva del recurso.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar la eutrofización y variabilidad vertical de las concentraciones de nutrientes en la laguna de Colta.

Objetivos Específicos

- Identificar los aspectos ambientales que influyen en la calidad del agua de la laguna de Colta.
- Evaluar espacial y temporalmente las concentraciones de nutrientes de la laguna de Colta.
- Evaluar la variabilidad vertical de concentraciones de nutrimentos en la laguna de Colta
- Evaluar el estado de eutrofización de la época seca y lluviosa de la laguna de Colta.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEORICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes de la Investigación

Las lagunas presentan una acelerada contaminación causando la pérdida de especies de los sistemas acuáticos, además de las actividades antrópicas que se dan en su entorno provocando la eutrofización, que convierten a un medio acuático en una zona deteriorada, ocasionando un desequilibrio ecológico en el ambiente, con efectos que pueden ser irreversibles

En el Ecuador las lagunas se ven afectadas por las actividades antrópicas, agricultura, ganadería y efluentes que son direccionados principalmente hacia las lagunas, deteriorando la calidad y espejo del agua, razones por la cual las lagunas presentan eutrofización. (Campos, 2015, pp. 2-5)

1.2. Eutrófico

Es un lago ("nutrido") que posee gran cantidad de concentración de nutrientes y el crecimiento de la planta alta, alto nivel de productividad, claridad del agua y pocas plantas acuáticas. Tiene un potencial alto para soportar la gran cantidad de vida silvestre.

1.3. Oligotrófico

Es un lago que tiene poca concentración de nutrientes y el crecimiento de la planta baja, con un bajo nivel de profundidad biológica, con ciertas plantas acuáticas, pocos peces no mucha flora y fauna con fondo luminoso. (Sotomayor & Diaz, 2013, pp. 28-33)

1.4. Residuos urbanos

Los residuos sólidos urbanos (RSU) se conceptualizan en la Ley de Residuos como los generados en los domicilios particulares, mercados, oficinas y servicios, así como aquellos que no tengan la calificación de peligrosos y que por su naturaleza puedan asimilarse a los originados en los lugares o actividades mencionados. (Lombardero, 2008, p. 256).

También tienen la consideración de residuos urbanos, como lo describe la respectiva Ley, que son los siguientes:

- ✓ Residuos originados por la limpieza de vías públicas, áreas verdes, zonas de recreación.

- ✓ Animales callejeros muertos, como también muebles, enseres y vehículos sin uso alguno.
- ✓ Residuos y escombros originados de obras pequeñas de construcción y arreglos domiciliarios

1.5. Fumigación

Es un tratamiento que se utiliza para controlar las plagas en el uso de fumigantes. Es un agente químico que, a presiones y temperaturas normales, se presentan de forma gaseosa y que puede conservar una concentración idónea para eliminar las plagas.

Las fumigaciones que se realizan cerca de fuentes o aguas de río van a contaminarse debido al uso excesivo de fumigantes. También pueden provocar contaminación de las aguas subterráneas al filtrarse los plaguicidas con las aguas de la lluvia. (Díaz & Miranda, 2013, pp. 7-23)

Los daños causados al medio ambiente se cometen con frecuencia, estos pueden tener efectos graves sobre la naturaleza, provocando contaminación en lagunas y el aire o deforestando grandes hectáreas de áreas verdes y provocando destrucciones irreversibles en muchas de las reservas naturales de nuestro territorio, se incluyen las agresiones contra los seres humanos. (Puerto, et al., 2014, pp. 372-387)

1.6. Calidad del agua

Se refiere a las características que posee el agua como son las químicas, físicas, biológicas. Es una medida de la condición que tiene el agua con relación a los requerimientos de una o más especies bióticas o a cualquier necesidad humana. (Fernández, 2012, pp. 147-170)

1.7. Dragado

Consiste en la limpieza de rocas y sedimentos en el agua, lagos o lagunas. Esto se lo realiza para incrementar la profundidad de un canal navegable o de un río, con el propósito de aumentar la capacidad de transferir el agua, con lo que se evitan las inundaciones aguas abajo. (Quiala, et al., 2015, pp. 17-30)

1.8. Eutrofización

Proceso más importante de la contaminación en las aguas en lagos, balsas, ríos, embalses, etc. Este proceso se origina por la mayor cantidad de nutrientes en el agua, siendo principalmente nitrógeno y fósforo, originados en su mayoría por de las actividades antrópicas. Origina de manera general un incremento de la biomasa y un daño de la diversidad. (Escobar, 2002, p. 15)

1.8.1. Causas de la eutrofización

La contaminación química es una de las principales causas antropogénicas en el proceso de eutrofización. Las más importantes son:

- La contaminación agropecuaria, principalmente la contaminación de los suelos y de los acuíferos con ciertos fertilizantes inorgánicos de procedencia industrial; o por desechos de animales, por motivo de una producción excesiva de ganado, peces, aves, etc. Estas causas contribuyen nitrógeno, en forma de nitrato y amonio, y fósforo, como fosfato, a la vez que cationes como potasio (K⁺) magnesio (Mg⁺⁺), etc.
- Las contaminaciones forestales, por dejadez de desperdicios en los ríos de residuos forestales y despojos del aprovechamiento de la madera, lo que incrementa la materia orgánica disuelta, beneficiando la proliferación de flora eutrófica como berros y lenteja de agua, que a su vez remansa la corriente y reduce el espejo del agua. (Montalvo, et al., 2014, pp. 307-323)
- La contaminación atmosférica por óxidos de nitrógeno (NO_x) y óxidos de azufre (SO_x). Estos reaccionan con el agua atmosférica para originar ion nitrato (NO₃⁻) e ion sulfato (SO₄²⁻) que una vez que llegan al suelo originan sales solubles. De esta manera se solubilizan los cationes del suelo, induciendo el empobrecimiento de éste en nutrientes. Esas sales son dirigidas con facilidad a los acuíferos y ríos, causando contaminación.
- La contaminación urbana principalmente se da en efluentes urbanos, si no existe una depuración, contribuyen nutrientes en dos maneras:
 - ✓ residuos orgánicos, que engrandecen en elementos previamente limitantes el ecosistema;
 - ✓ residuos inorgánicos como el fosfato, empleado como emulgente en la producción de detergentes. Por tal motivo las legislaciones actuales promueven el cambio del fosfato en la fabricación de estos productos (Campuzano, et al., 2006, pp. 77-88)

1.8.2. Efectos de la eutrofización

En las aguas enriquecidas de nutrientes no se logra reciclar de manera completa la materia orgánica que origina el ecosistema. La cantidad de especies reducen. Las aguas se vuelven turbias por proliferación de algas unicelulares. Las bacterias consumen la mayor cantidad de oxígeno al tratar de descomponer la materia orgánica, se originan olores desagradables. (Hill & Kolb, 1999, p. 333)

1.9. Nutrientes

Los fosfatos y nitratos son los nutrientes que más influyentes. En ciertos ecosistemas el factor limitante es el fosfato, como ocurre en la mayor parte de lagos de agua dulce, pero en la mayoría de los mares el factor limitante es el nitrógeno para la mayor cantidad de las especies de plantas. (Abellán & García, 2006, p. 420)

1.10. Agricultura

En la mayor parte de la agricultura se emplean fertilizantes nitrogenados para abonar diferentes cultivos, filtrándose en el suelo y logrando llegar hasta los ríos y las aguas subterráneas provocando contaminación a fuentes de agua. (Yepis, et al., 1999, p. 6)

1.10.1. Efecto de la Agricultura

La producción agropecuaria produce varios efectos en el medio ambiente. Principalmente es la fuente de contaminación del agua por nitratos, fosfatos y plaguicidas. En la mayoría la fuente antropogénica produce gases que son responsables del efecto invernadero y contribuyen en mayor cantidad a varias fuentes de contaminación del aire y del agua. Los métodos agrícolas, forestales y pesqueros y su alcance son las causas principales de la disminución de la biodiversidad del planeta. (Perdomo & Barrientos, 2013, pp. 69-90)

1.11. Ganadería

Los desechos de los animales son de gran aporte en nutrientes, siendo en mayor cantidad el nitrógeno. Si las heces no son tratadas de una manera correcta llegan a contaminar las aguas vecinas. (Pinos, et al., 2012, pp. 359-370)

La contaminación que se genera por medio de la ganadería se presenta en diferentes etapas de la cadena productiva que incluiría:

- a) Contaminación por excretas: los nutrientes contaminantes principales son (N y P), la materia orgánica, las bacterias y patógenos; estos pueden llegar a contaminar al agua por rumbos puntuales.
- b) Desechos del proceso de productos ganaderos: los rastros es la fuente más importante en la contaminación local y las curtidurías son emisoras de un alto rango de contaminantes orgánicos y químicos.
- c) Contaminación por producción de alimento animal: las fuentes principales son los nutrientes de los fertilizantes minerales, los pesticidas y los sedimentos originados por la erosión.

d) Impacto en el ciclo del agua: el pastoreo que se presenta en gran cantidad y la conversión de uso del suelo modifican el ciclo del agua.

Las medidas de mitigación son amplias como los impactos de la ganadería y contaminación del agua. Incluyen una gran eficiencia en el uso del agua, del suelo y en el manejo de residuos; mejor balanceo y una mejoría en la colección, almacenamiento y procesamiento de residuos. (Pérez, 2008, pp. 217-227)

1.12. Turbidez

Es una declaración de la consecuencia óptica originada por la interferencia y dispersión de los rayos luminosos que pasan por un cuerpo de agua y provocan una extensa diversidad de compuestos en suspensión con diferente forma y tamaño, desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas.

Es una medida del grado en el cual el agua desaprovecha su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión; midiendo la claridad del agua.

- Medida de cuántos sólidos (arena, arcilla y otros materiales) hay en suspensión en el agua.
- Mientras menos limpia ésta, la turbidez será más alta.

Puede impactar los ecosistemas acuáticos por:

- Alterar la fotosíntesis (limita el paso de la luz solar),
- Respiración
- Es considerada una excelente medida en la calidad del agua.

1.12.1. Efecto de la turbidez

Sedimentación

Como consecuencia de la sedimentación - las partículas se colocan en el fondo de los cuerpos de agua (quebradas, ríos y lagos) y se menora la capacidad de retener el agua. Los lagos que no son muy profundos se sedimentan con mayor rapidez. (Tenelema, 2016, p. 6)

1.13. Transparencia del agua

La Transparencia del agua se ve afectada por varios factores. Los materiales disueltos y suspendidos pueden intervenir en la transparencia de agua. En la mayor parte de las masas de agua, el factor más importante es la gran cantidad de sólidos suspendidos: mientras más suspensión de materiales exista, menor será la transparencia del agua. La mayor parte de los sólidos en suspensión son algas

La transparencia es la cantidad de luz que traspasa en el cuerpo de agua, en un lago eutrófico la luz penetra con mayor dificultad y el aumento de la flora béntica originadora de oxígeno se reduce y queda en la oscuridad

Se ha observado que, en adecuada presencia de luz para realizar la fotosíntesis, la concentración de los nutrientes como fosfatos y nitratos es relativamente baja y por lo tanto la cantidad de fitoplancton en el agua es menor. (López, et al., 2016, pp. 85-97)

1.14. Disco Secchi

El disco de secchi se utiliza como medida de la biomasa algal, con escala de 0 - 100. Cuando existe un aumento de 10 unidades en la escala forma el doble de la biomasa de algas, el fósforo total es un parámetro muy importante en la fase de la determinación del índice al igual que la claridad del agua. (Zouiten, 2012, p. 13)

1.15. Nitratos

Elemento esencial para el incremento de algas y causa un aumento en la demanda de oxígeno al provocar oxidación por medio de bacterias, minimizando por ende los niveles de oxígeno. El nitrógeno puede encontrarse en diferentes formas, considerando al nitrato el mayor contaminante de los ecosistemas acuáticos y es característico de fuentes de contaminación difusas que pueden existir por diferentes actividades agrícolas

1.16. Nitritos

La presencia de los nitritos y nitratos en el agua subterránea puede ser de procedencia química, originado a causa del vertimiento de residuales industriales y por medio del uso de fertilizantes orgánicos y nitrogenados en sectores agrícolas. Las plantas pueden beneficiar el nitrógeno en la forma de nitratos, el fertilizante que se aplica condicionalmente proporciona nitrógeno que se utiliza por las mismas y la cantidad que no es aprovechada por las plantas se infiltra hacia el acuífero. La concentración de nitrato en el agua de infiltración depende del tipo de fertilizante y, de la frecuencia, cantidad y modo de aplicación, así como del nitrógeno orgánico o inorgánico ya existente en el suelo, también del grado de permeabilidad que puede presentarse, así como también el grado de humedad y otras características del suelo. (Fernández & Vázquez, 2006, pp. 1-9)

1.17. Sulfatos

Forman los aniones más esenciales en el agua posterior a los carbonatos, se localizan en aguas aeróbicas y por ello las algas pueden juntarse en su protoplasma. El azufre es importante para la constitución de proteínas, como son la cistina, cisteína y metionina.

En las aguas naturales se encuentran cantidades desde los 2 hasta 10 mgL^{'''}. Algunas aguas, como las que se encuentran en la amazonia, son bajas en sulfatos presentando valores de 0,5 mgL^{'''}

El ion sulfato es exuberante en aguas naturales. Tiene un gran rango de concentraciones se localiza vigente en aguas de las lluvias y su cantidad proporciona importante investigación a la contaminación y a los fenómenos ambientales, pueden aportar datos sobre información del ácido sulfúrico procedente del dióxido de azufre que se encuentra en la atmósfera

1.18. Fosfatos

La concentración de fosfatos en los ecosistemas acuáticos es importante para apreciar el peligro de eutrofización. En ecosistemas como la Laguna, el fosforo puede ser el primordial agente limitante para el adelanto del fitoplancton y un gran incremento de su concentración, puede estimular la eutrofización de sus aguas. Los fosfatos se encuentran conectados con la eutrofización de ríos, pero principalmente de lagos y embalses.

Es relativo encontrar niveles de fósforo en las aguas superficiales y en las subterráneas, como consecuencia del uso de detergentes domésticos e industriales y abonos agregados en su estructura. Una gran carga de fosfatos potencia, la eutrofización de las aguas es un problema habitual en algunos embalses en la actualidad. La concentración de fosfatos en el agua potable para su diferente uso doméstico no puede sobrepasar la cantidad de 0,31 mg/l, según lo manifiesta la directiva de la Comunidad Europea. (Bolaños, et al., 2017)

1.19. Nitrógeno Total

Es una medida completa de algunas formas de nitrógeno que se hallan en una muestra de agua. El nitrógeno es un nutriente importante para el desarrollo de plantas acuáticas y algas. No todas las formas de nitrógeno pueden ser manipuladas con facilidad por las plantas acuáticas y las algas, en especial el nitrógeno asociado con materia orgánica disuelta.

El nitrógeno es uno de los elementos fertilizantes importantes para el desarrollo de las algas, su uso en gran cantidad puede originar en las aguas continentales procesos de eutrofización. Las formas minimizadas del nitrógeno son oxidadas en las aguas naturales causando afectación a los recursos de oxígeno disuelto.

1.20. Oxígeno disuelto

Proviene de la combinación del agua con el aire, provocado por el viento y/o, principalmente del oxígeno que expulsan las plantas acuáticas en sus procesos de fotosíntesis.

Es uno de los indicadores más esenciales de la calidad de agua. Todos los organismos vivos dependen del oxígeno para poder sobrevivir y desarrollar energía óptima para su crecimiento y su reproducción.

1.21. Temperatura del agua

Es el factor que tiene mayor influencia en los lagos, cumplen una función importante en la distribución, periodicidad y reproducción de los organismos.

Las temperaturas bajas tardan la acción desnitrificante de las bacterias y por tal motivo los nitratos no son exterminados con rapidez y, al encontrarse en el agua, pueden ser aprovechados por el fitoplancton para la elaboración de alimentos

La temperatura es el factor ambiental más importante que interviene en la proliferación y supervivencia de los microorganismos a medida que incrementa las reacciones enzimáticas y tasas de reproducción

1.22. Conductividad eléctrica (CE) del agua

Tiene la capacidad de transmitir electricidad al agua entre dos polos. La conductividad en líquidos (disolución) se relaciona con la representación de sales en solución, cuya disociación origina iones positivos y negativos, que son capaces de transportar la energía eléctrica si se pone en contacto el líquido a un campo eléctrico. Estos conductores iónicos se designan electrolitos (Pazmiño, G. 2015).

La conductividad eléctrica permite evaluar con mayor rapidez la mineralización global del agua. Los cambios más importantes de la conductividad pueden interferir con mayor rapidez en el transcurso del día a procedencia de los vertidos

1.23. pH del agua

El pH del agua permite medir la acidez o alcalinidad. Presentan valores a escala de 0 a 14 unidades de pH. Las aguas que tienen un pH menor a 7 se denominan ácidas y las mayores a 7 son conocidas como básicas. Los lagos hipereutróficos que son ricos en materia orgánica contienen cantidades bajas de pH (aguas ácidas) turbas, pantanos (Sotomayor & Diaz, 2013, pp. 28-33)

1.24. Matriz de Leopold

Es un cuadro de doble entrada que tiene una relación entre causa-efecto, útil para la evaluación del impacto ambiental. Esta matriz sistematiza la relación entre las acciones a realizar en el desarrollo de un proyecto y su posible efecto en factores ambientales.

Tiene como principales ventajas de ser un método simple de utilizar, de costo bajo y que se puede aplicar a todos proyectos. Presenta una desventaja, principalmente muestra la carga subjetiva en la toma de decisiones por parte del investigador al establecer los órdenes de magnitud e importancia. (Ramos, 2004, p. 29)

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Tipo de Investigación

El estudio a desarrollarse en la laguna de Colta de la provincia de Chimborazo, correspondiente a la Evaluación de la eutrofización y variabilidad vertical de las concentraciones de nutrientes, durante de 2 épocas del año: Lluviosa y seca, es una investigación No Experimental, longitudinal y mixta por la manipulación de variables cualitativas, grado de eutrofización como la profundidad y variables cuantitativas como la caracterización de los nutrientes.

Es Teórica en cuanto a la evaluación multitemporal y espacial que se realizará a las variables a medirse en la laguna, sus resultados permitirán realizar discusiones descriptivas-explicativas, a partir del planteamiento a hipótesis estadísticas como: Influencias de Nutrientes en los procesos de Eutrofización, Influencia de profundidades en el enriquecimiento de nutrientes en la laguna.

2.2. Diseño del Estudio

La investigación consta en la recolección de muestras de agua en la Laguna de Colta para analizar los diferentes parámetros establecidos.

2.2.1. *Identificación de variables*

- Fosfatos
- Sólidos Totales
- Sólidos Sedimentables
- PH
- Temperatura
- Conductividad Eléctrica
- Nitritos
- Nitratos
- Nitrógeno Total
- Sulfatos
- Dióxido de Carbono
- Bicarbonatos

- Carbonatos
- Oxígeno Disuelto

2.3. Localización del Estudio

Las muestras de agua para su análisis correspondiente serán extraídas de la Laguna de Colta para su posterior análisis en el laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH. El Cantón Colta se ubica a 18 Km en la Provincia de Chimborazo, en la parte Noroccidental, de la ciudad de Riobamba y a 206 Km. de la Capital de la República del Ecuador. Se encuentra localizada en el histórico cerro Cushca, y cerca del valle de la Antigua Liribamba, al Norte. Está formada por las cuencas que unen los ríos Cicalpa y Cajabamba, que tiene una altitud de 3.180 m.s.n.m.

Extensión: 850 Km².

Temperatura: 12^a C.

Latitud: 1°39´ a 1° 54´sur

Longitud: 78° 36´a 78° 59´occidente

Altitud: 2750 a 3280 m.s.n.m.

Precipitación: 1000 – 1500 mm / año.

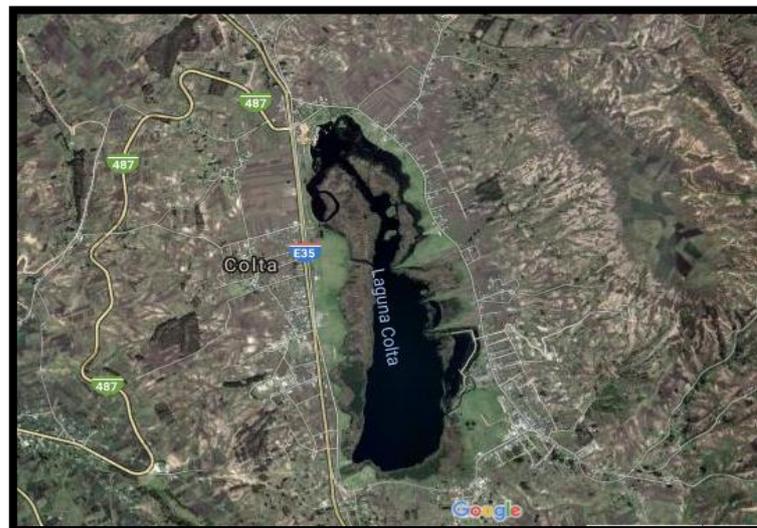


Figura 1-2: Laguna de Colta

Fuente: Google Earth, 2016

Puntos de Monitoreo



Figura 2-2: Puntos Época Lluviosa
Elaborado por: Soria Diego, Soria Andrés, 2020.

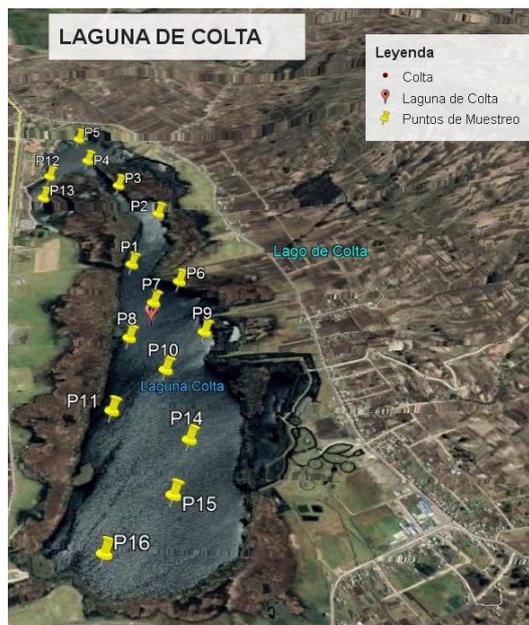


Figura 3-2: Puntos Época Seca
Elaborado por: Soria Diego, Soria Andrés, 2020.

Población de estudio

Laguna de Colta (Sistema Lacustre)

Muestra: Aguas de laguna que serán tomadas de forma aleatoria en las 204 hectáreas del espejo de agua con la ayuda de un bote y con un muestreador tipo “van dorn”.

Análisis Estadístico

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación el análisis estadístico a utilizar es Descriptiva e Inferencial

Para la determinación de variabilidad de concentraciones de nutrientes en la laguna de Colta se estableció un análisis Anova y dependiendo del caso se aplicará Tukey.

2.4. Etapas de la investigación

2.4.1. Recolección de muestras

Para la recolección de muestras, se utilizó el equipo “Van Dorn” que fue sumergido en 3 diferentes profundidades de la laguna en los 16 puntos estratégicos, estos puntos fueron elegidos previo a una práctica de batimetría Manual con criterio técnico con la finalidad de conocer las profundidades y coordenadas que tiene la laguna en dichos puntos. (IDEAM, 2017, p. 31)

Para la toma de muestras de agua, se siguió el siguiente procedimiento:

- Preparación de los equipos y el bote para navegar en la laguna, cumpliendo con las normas de seguridad.
- Se sumergió el Disco Secchi para medir la turbidez del agua
- Se sumergió el equipo “Van Dorn” a tres profundidades de un mismo punto para posteriormente colocar las muestras de agua en botellas plásticas correctamente etiquetadas dentro de un cooler.
- Al finalizar la toma de muestras, se trasladó al laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH

2.5. Análisis de datos

En el laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, se procedió a determinar los parámetros establecidos siguiendo los pasos y normas adecuados, obteniendo resultados confiables.

Procedimientos en HACH DR2800

2.5.1 Sulfatos

- Seleccionar en la pantalla: Programas Favoritos
- Seleccionar el Test: 685 SULFATO AV

- **La muestra preparada:** Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca 10 ml con muestra.
- Añadir el contenido de un sobre de reactivo Sulfaver en polvo.
- Agitar con rotación, para mezclar.
- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar ok
- Comienza un periodo de reacción
- **Prepara el blanco:** Llenar otra cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca 10 ml con agua destilada
- Después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (blanco) y colocar el blanco en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia el frente.
- Seleccionar en la pantalla: Cero
- La pantalla indicará: 0,00 mg/L SO_4^{-2}
- Limpiar bien el exterior de la cubeta (muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia el frente.
- Seleccionar en la pantalla: Medición
- El resultado aparecerá en: mg/L SO_4^{-2}

Procedimientos en HACH DR2800

2.5.2 Fosfatos

- Seleccionar en la pantalla: Programas Favoritos
- Seleccionar el Test: 490 P react. PV
- **La muestra preparada:** Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca 10 ml con muestra.
- Añadir el contenido de un sobre de reactivo de PhosVer 3 en polvo.
- Agitar con rotación, para mezclar.
- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar ok.
- Comienza un periodo de reacción.
- **Preparar el blanco:** Llenar otra cubeta cuadrada de una pulgada de ml hasta la marca ml con agua destilada
- Después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (blanco) y colocar el blanco en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia el frente.
- Seleccionar en la pantalla: Cero
- La pantalla indicará: 0.00 mg/L PO_4^{-3}
- Limpiar bien el exterior de la cubeta (muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia el frente.
- Seleccionar en la pantalla: Medición

- El resultado aparecerá en: mg/L PO_4^{-3}

Procedimientos en HACH DR2800

2.5.3 *Nitratos*

- Seleccionar en la pantalla: Programas Favoritos
- Seleccionar el Test 355 N Nitrato RA PP
- **La muestra preparada:** Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca 10 ml con muestra.
- Añadir el contenido de un sobre de reactivo de NitraVer 5 en polvo.
- Agitar con rotación, para mezclar.
- Después de mezclar se formará un color ámbar si existe nitratos.
- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar ok.
- Comienza un periodo de reacción.
- **Preparar el blanco:** Llenar otra cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca 10 ml con agua destilada
- Después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (blanco) y colocar el blanco en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia el frente.
- Seleccionar en la pantalla: Cero
- La pantalla indicará: 0.00 mg/L NO^{-3}
- Limpiar bien el exterior de la cubeta (muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia el frente.
- Seleccionar en la pantalla: Medición
- El resultado aparecerá en: mg/L NO^{-3}

Procedimientos en HACH DR2800

2.5.4 *Nitritos*

- Seleccionar en la pantalla: Programas Favoritos
- Seleccionar el Test 375 N Nitrito RB AV
- **La muestra preparada:** Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca 10 ml con muestra.
- Añadir el contenido de un sobre de reactivo de NitriVer en polvo.
- Agitar con rotación, para mezclar.
- Después de mezclar se formará un color ámbar si existe nitritos.
- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar ok.

- Comienza un periodo de reacción.
- **Preparar el blanco:** Llenar otra cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca 10 ml con agua destilada
- Después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (blanco) y colocar el blanco en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia el frente.
- Seleccionar en la pantalla: Cero
- La pantalla indicará: 0.00 mg/L NO⁻²
- Limpiar bien el exterior de la cubeta (muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia el frente.
- Seleccionar en la pantalla: Medición
- El resultado aparecerá en: mg/L NO⁻²

Procedimientos en HACH DR2800

2.5.5 *Nitrógeno total*

- Encender el reactor DRB200 y calentar a 150 °C.
- Añadir el contenido de un sobre de reactivo de persulfato de nitrógeno total en polvo a dos tubos de reactivo de digestión de hidróxido de nitrógeno total RA. Limpiar bien el reactivo que haya podido quedar en la tapa o en la tosca del tubo.
- Añadir 0.5 mL de muestras a un tubo (ésta es la muestra preparada). Añadir 0.05 mL de agua desionizada incluida en el kit a otro tubo (éste es el blanco de reactivo). Utilizar únicamente agua sin ningún tipo de sustancias que contengan nitrógeno como alternativa para el agua desionizada provista.
- Tapar ambos tubos. Agitar vigorosamente durante al menos 30 segundos para mezclar. El reactivo de persulfato puede no disolverse completamente al agitar. Esto no afectará a la precisión.
- Colocar los tubos en el reactor. Calentar durante exactamente 30 minutos.
- Empleando dediles, sacar inmediatamente los tubos calientes del reactor. Enfriar los tubos a temperatura ambiente.
- Seleccionar en la pantalla: Programas Favoritos
- Seleccionar el Test 394 N total RA TNT. Colocar el protector de luz en el compartimiento n. °2 de la cubeta.
- Destapar los tubos digeridos y añadir el contenido de un sobre A de reactivo de nitrógeno total (TN) en polvo a cada tubo.
- Tapar los tubos y agitar durante 15 segundos.

- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar ok. Comienza un periodo de reacción de 3 minutos.
- Cuando suene el temporizador, destapar los tubos y añadir un sobre B de reactivo TN en polvo a cada tubo.
- Tapar los tubos y agitar durante 15 segundos. El reactivo no se disolverá completamente. Esto no afectará a la precisión. La solución adoptará un color amarillo.
- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar ok. Comienza un periodo de reacción de 2 minutos.
- Después de que suene el temporizador, destapar dos tubos C de reactivo TN y añadir 2 mL de muestra digerida y tratada a un tubo. Añadir 2 mL de blanco de reactivo digerido y tratado al otro tubo C de reactivo TN.
- Tapar los tubos e invertirlos diez veces para mezclar. Aplicar inversiones lentas y cuidadosas para conseguir una completa recuperación. Los tubos estarán calientes al tacto.
- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar ok. Comienza un periodo de reacción de 5 minutos. El color amarillo se intensificará.

2.5.6 Oxígeno disuelto

- Seleccionar en la pantalla: Programas Favoritos
- Seleccionar el Test 445 Oxygen, Dis HR AV.
- **Preparación en blanco:** Llenar una celda de muestra con 10 ml de muestra
- Llenar una tapa de ampolla azul con muestra
- Muestra preparada: Llène una muestra con una ampolla de reactivo de oxígeno disuelto de alto índice. Mantenga la punta sumergida mientras la ampolla se filtra completamente.
- Sostenga la ampolla con la punta hacia abajo e insértela inmediatamente en la tapa de la ampolla. El tapón evita la contaminación del oxígeno atmosférico.
- Agita la ampolla durante 30 segundos. Una pequeña cantidad de reactivo no disuelto no afectará los resultados
- Arranque el temporizador del instrumento. Comenzará un período de reacción de dos minutos. Esto permite que el oxígeno que se desgasificó durante la aspiración se disuelva y reaccione.
- Cuando el temporizador expire, agite la ampolla durante 30 segundos. Permita que las burbujas se disipen antes de continuar.
- Inserte el blanco en el soporte de la celda
- Seleccionar en la pantalla: Cero
- La pantalla indicará: 0.0 mg/L O₂
- Inserte la muestra preparada en el soporte de la celda.

- El resultado aparecerá en: mg/L O₂

2.5.7 Multiparámetro (temperatura, pH y conductividad eléctrica)

- Colocar la muestra en un frasco pequeño
- Encender el multiparámetro
- Colocar el equipo en la muestra de agua
- Anotar los resultados de la medición. (HACH, 2000)

2.5.8 Sólidos totales

- Llenar con agua destilada hasta la medida indicada en el equipo respectivo para realizar el Baño María de las cajas Petri
- Lavar las cajas Petri con agua destilada y secar en el desecador por 15 minutos
- Llevar las cajas Petri secas y pesar en la balanza analítica
- Anotar los resultados de los pesos (peso 1)
- Colocar 25 mL de la muestra en una probeta para luego traspasarlo a las cajas Petri
- Colocar las cajas Petri encima del equipo que se preparó para el Baño María, por 1 a 2 horas hasta que se seque completamente
- Llevamos a la estufa y dejamos secar por 15 minutos
- Llevar las cajas Petri y pesar en la balanza analítica
- Anotar los resultados de los pesos (peso 2)
- Para obtener los sólidos totales restamos el peso 2 – peso 1 y multiplicamos por 40000.

2.5.9 Sólidos sedimentables

- Llenar 1000 ml de la muestra en el Cono imhoff
- Dejar reposar alrededor de 2 horas hasta lograr que el sedimento se concentre totalmente en la base del cono
- Anotar el volumen de los sólidos sedimentables en mL / L del cono

2.5.10 Carbonatos

Los Carbonatos se expresan en forma de Alcalinidad el cual se determina volumétricamente tomando en cuenta el principio de la Neutralización que consiste en utilizar el ácido sulfúrico aportando con protones necesarios para realizar el proceso de titulación

Aplicar la siguiente fórmula:

Alcalinidad de CO₂ (Carbonatos)

$$\frac{\text{Valor obtenido en la tabla de Relaciones de Alcalinidad del CO}_2 * 50 \text{ g/eq} * 0,05\text{eq/l} * 1000\text{mg/l}}{25 \text{ ml}}$$

Dónde:

Valor obtenido en la tabla de Relaciones de Alcalinidad

Para encontrar el valor de la alcalinidad nos basamos en la Tabla 1-2, específicamente en el Caso

4. Para esto es necesario encontrar el valor P y M mediante el proceso de titulación que consiste en los siguientes pasos:

A.CO₂ =

- Colocar 25 ml de la muestra en un Erlenmeyer.
- Añadir 2 gotas de Fenolftaleina tomando un color rosado.
- Dejamos caer gotas de ácido sulfúrico 0.05 N hasta que cambie a color transparente, siendo el valor P.
- Añadir 3 gotas de Naranja de Metilo tomando un color naranja.
- Dejamos caer gotas de ácido sulfúrico 0.05 N hasta que cambie a color naranja manzana, siendo el valor M

Una vez encontrado los valores P y M procedemos a encontrar la relación existente entre estos, posteriormente realizamos los cálculos correspondientes al Caso 4.

50 g/eq: Peso equivalente de gramo de Carbonato de Calcio, patrón escogido para la expresión del resultado

0.05 eq/l: Concentración Normal del ácido sulfúrico

1000 mg/l: Factor de conversión a miligramos por litro

25 ml: Volumen en mililitros de la muestra de agua titulada

Formulas complementarias para calcular la Alcalinidad total que se aplicará en la fórmula del Dióxido de Carbono

Alcalinidad de HCO₃ (Bicarbonatos)

Este resultado se aplicará en la fórmula para determinar Dióxido de Carbono.

$$A.HCO_3 = \frac{\text{Valor obtenido en la tabla de Relaciones de Alcalinidad del HCO}_3 * 50 * 0,05 * 1000}{25}$$

Dónde:

50 g/eq: Peso equivalente de gramo de Carbonato de Calcio, patrón escogido para la expresión del resultado

0.05 eq/l: Concentración Normal del ácido sulfúrico

1000 mg/l: Factor de conversión a miligramos por litro

25 ml: Volumen en mililitros de la muestra de agua titulada (Castillo, A.2017).

En base a los cálculos realizados de la Alcalinidad de Carbonatos y Bicarbonatos, podemos obtener el resultado de la Alcalinidad mediante la siguiente formula:

$$\text{Alcalinidad} = A.CO_2 + A.HCO_3$$

2.5.11 Dióxido de carbono

Para este cálculo debemos tomar en cuenta el valor de pH que presentan las muestras de agua junto con la alcalinidad que se determinó en cálculos anteriores

Para esto se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$CO_2 = \frac{10^{-pH} * \text{alcalinidad}}{4,16 * 10^{-7} * 50}$$

Dónde:

pH: Es el valor obtenido en el multiparámetro

Alcalinidad: Es el resultado de la suma de la Alcalinidad del CO₂ + la Alcalinidad del HCO₃

4, 16 * 10⁻⁷: Constante

50 g/eq: Peso equivalente de gramo de Carbonato de Calcio, patrón escogido para la expresión del resultado

Tabla 1-2: Relaciones de alcalinidad

RELACIONES DE ALCALINIDAD						
CASO	RELACIÓN	CONDICIÓN	VALORES DE ALCALINIDAD			
			OH ⁻	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	TOTAL
1	P=M	OH ⁻	P=M	0	0	M
2	$P > \frac{M}{2}$	OH ⁻ y CO ₃ ²⁻	2P-M	2 (M-P)	0	M
3	$P = \frac{M}{2}$	CO ₃ ²⁻	0	2P=M	0	M
4	$P < \frac{M}{2}$	CO ₃ ²⁻ y HCO ₃ ⁻	0	2P	M-2P	M
5	P=0	HCO ₃ ⁻	0	0	M	M

Elaborado por: Soria Diego, Soria Andrés, 2020

Fuente: (Ocaña, 2014)

2.5.12. Bicarbonatos

Para este cálculo debemos tomar en cuenta el valor obtenido en la tabla 1-2, al igual que el valor del peso molecular de los bicarbonatos.

$$\text{HCO}_3 = \frac{\text{Valor obtenido en la tabla de Alcalinidad del HCO}_3 * 0,05 * 61 * 1000}{25}$$

Dónde:

0.05 eq/l: Concentración Normal del ácido sulfúrico

61 g : Peso molecular del HCO₃

1000 mg/l: Factor de conversión a miligramos por litro

25 ml: Volumen en mililitros de la muestra de agua titulada.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de aspectos ambientales que se realizó mediante la aplicación de la matriz de Leopold se establecieron aspectos ambientales que se destacan en la tabla 1-3

Tabla 1-3: Identificación de los aspectos ambientales que influyen en la laguna de Colta mediante la Matriz de Leopold.

ACCIONES			FACTORES AMBIENTALES							AFECTACIONES POSITIVAS	AFECTACIONES NEGATIVAS	AFECTACION POR SUBCOMPONENTE	AFECTACION POR COMPONENTE	AFECTACION TOTAL DEL PROYECTO
			DEFORESTACION EN LA ZONA ALTA	ASENTAMIENTOS HUMANOS	ACTIVIDADES TURISTICAS	PASTOREO DE ANIMALES	USO DE AGROQUIMICOS EN CULTIVOS	ACUMULACION DE RESIDUOS SOLIDOS	CIRCULACION VEHICULAR					
FACTOR ABIOTICO	Aire	Calidad del aire							-3	0	1	-6	-342	-291
		Material Particulado			-2				-3	0	2	-7		
		Ruido			2				1	0	1	-30		
	Suelo	Cambio de uso	-3	2						0	1	-6		
		Calidad del suelo		-5	-7	-7	-6	-2	-1	0	6	-159		
		Erosionabilidad	-4	4	4	7	7	6	1	0	2	-18		
	Agua	Calidad del agua subterránea	-7	-7	-4	-5	1	4	3	2	4	-116		
		Calidad del agua superficial	7	7	3	5	4	4	5			0		
FACTOR BIOTICO	Flora	Reduccion de la cobertura vegetal	-6	-2	-3	-1	-4	-4	-2	0	7	-43	-76	
		Perdida de habitat natural			2		-3	3	2	0	1	-6		
		Productos agricolas			-2	1		-2	1	0	2	-4		
	Fauna	especies del lugar					-4	-4	1	0	2	-12		
		Paisaje					-3	1	-4	0	2	-11		
FACTOR ANTROPICO	Economico	Empleo				5	6	5	6	4	0	98		
	Social	Condicion de vida			6	6	-8	2	7	2	1	29		
AFECTACIONES POSITIVAS			0	0	1	1	2	1	3	8				
AFECTACIONES NEGATIVAS			4	3	5	4	5	6	5	32				
AFECTACION POR COMPONENTE			-83	-71	-37	-48	-98	-10	56					
AFECTACION TOTAL DEL PROYECTO														

Elaborado por: Soria Diego, Soria Andrés, 2020

En la Matriz de Leopold se puede evidenciar que existe mayor afectación en el factor Abiótico especialmente en la calidad del suelo debido a la presencia de excrementos de animales y el uso de fertilizantes en suelos agrícolas y ganaderos que se encuentran presentes alrededor de la laguna

y afectando a la calidad del agua subterránea debido a la infiltración y arrastre de estos contaminantes hacia la parte más profunda de la laguna de Colta.

Los principales aspectos ambientales que están influyendo en la calidad del agua más significativos son las actividades agrícolas y ganaderas que se realizan alrededor de la laguna de Colta debido al uso de fertilizantes, mientras que el aspecto menos significativo es la actividad Turística el cual está controlado mediante el plan que maneja la laguna es decir las políticas internas.

3.1. Índice de Calidad del Agua (ICA)

Indica el grado de contaminación que existe en el agua, el cual es utilizado para medir los cambios presentes en la calidad del agua en puntos estratégicos de la laguna a través del tiempo. (López, 2019, pp. 61-85)

Para determinar el ICA tomamos en cuenta los siguientes parámetros:

- pH
- Conductividad Eléctrica
- Fosfatos
- Nitratos
- Oxígeno Disuelto

Calculo del ICA

En base a los resultados obtenidos de los parámetros analizados de las muestras de agua en la laguna de Colta, tanto en la época lluviosa y época seca aplicamos las siguientes ecuaciones.

- **pH**

$$I_{pH} = 10^{4.22-0.293 (pH)}$$

Cuando el pH es mayor a 7.3

Época Lluviosa

$$I_{pH} = 10^{4.22-0.293 (pH)}$$

$$I_{pH} = 10^{4.22-0.293 (8.53)}$$

$$I_{pH} = 52.56$$

Época Seca

$$I_{pH} = 10^{4.22-0.293 (pH)}$$

$$I_{pH} = 10^{4.22-0.293 (8.84)}$$

$$I_{pH} = 42.65$$

- **Conductividad Eléctrica (uC)**

Época Lluviosa

$$I_{CE} = 540(CE)^{-0.379}$$

$$I_{CE} = 540(687)^{-0.379}$$

$$I_{CE} = 45.41$$

Época Seca

$$I_{CE} = 540(CE)^{-0.379}$$

$$I_{CE} = 540(1141)^{-0.379}$$

$$I_{CE} = 37.47$$

- **Fosfatos (mg/L PO₄⁻³)**

Época Lluviosa

$$I_{PO4} = 34.215 (PO_4)^{-0.46}$$

$$I_{PO4} = 34.215 (0.35)^{-0.46}$$

$$I_{PO4} = 55.46$$

Época Seca

$$I_{PO4} = 34.215 (PO_4)^{-0.46}$$

$$I_{PO4} = 34.215 (0.34)^{-0.46}$$

$$I_{PO4} = 56.20$$

- **Nitratos (mg/L NO⁻³)**

De acuerdo al Servicio Nacional de Estudios Territoriales de El Salvador, manifiesta en su metodología que si el valor calculado de Nitrato es menor a 4.097 mg/L se asigna un valor directo de ICA de 100.

Época Lluviosa

$$I_{NO-3} = 162.2 (NO^{-3})^{-0.343}$$

$$I_{NO-3} = 162.2 (2.2)^{-0.343}$$

$$I_{NO-3} = 123.77$$

Época Seca

$$I_{NO-3} = 162.2 (NO^{-3})^{-0.343}$$

$$I_{NO-3} = 162.2 (1.9)^{-0.343}$$

$$I_{NO-3} = 130.15$$

Al tener valores de Nitratos de 2.2 y 1.9 respectivamente, siendo estos valores menores a 4.097 mg/L, concluimos que el valor ICA en la época Lluviosa y Seca es de 100.

- **Oxígeno Disuelto (mg/L O₂)**

De acuerdo al subsistema de información denominado Módulo Fisicoquímico Ambiental – MFQA, manifiesta que se aplica una saturación de oxígeno disuelto de 14.6 ppm.

Época Lluviosa

$$I_{OD} = \frac{OD}{OD_{sat}} \times 100$$

$$I_{OD} = \frac{3.39}{14.6 \text{ ppm}} \times 100$$

$$I_{OD} = 23.22$$

Época Seca

$$I_{OD} = \frac{OD}{OD_{sat}} \times 100$$

$$I_{OD} = \frac{3.50}{14.6 \text{ ppm}} \times 100$$

$$I_{OD} = 23.97$$

Ponderación y Aplicación de la Formula general

A cada parámetro calculado mediante las ecuaciones realizadas anteriormente, se les asigna un valor de ponderación, los cuales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 2-3: Importancia de parámetros

Parámetro	Importancia
pH	10
Conductividad Eléctrica	10
Fosfatos	30
Nitratos	30
Oxígeno Disuelto	20

Elaborado por: Soria Diego, Soria Andrés, 2020

Los resultados que se obtuvieron en el análisis de cada parámetro y sus ponderaciones se aplicarán en la siguiente ecuación:

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n I_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

Dónde:

ICA= Índice de Calidad del Agua (López, 2019, p. 18)

I_i= Índice de calidad para el parámetro i

W_i= Coeficiente de ponderación del parámetro i

n= Número total de parámetros

Cálculo ICA Total-Época Lluviosa

Para calcular el ICA Total de la época lluviosa se obtiene a partir de la aplicación de la ecuación anteriormente mencionada.

Tabla 3-3: Cálculo ICA Total-Época Lluviosa

Parámetros	Unidad	Resultados	ICA	Ponderación	Parámetros Ponderados
pH		8.53	52.56	10	525.6
Conductividad Eléctrica	uC	687	45.41	10	454.1
Fosfatos	mg/L	0.35	55.46	30	1663.8
Nitratos	mg/L	2.2	100	30	3000
Oxígeno Disuelto	mg/L	3.39	23.22	20	464.4
Sumatoria				100	6107.9

Elaborado por: Soria Diego, Soria Andrés, 2020

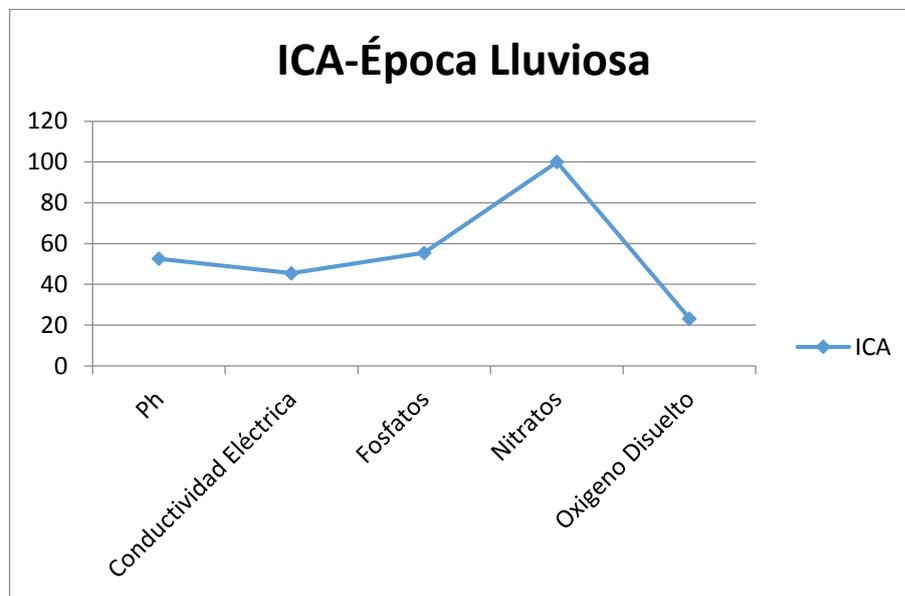


Gráfico 1-3: ICA – Época Lluviosa

Elaborado por: Soria Diego, Soria Andrés, 2020

Cálculo ICA Total-Época Seca

Para calcular el ICA Total de la época seca se obtiene a partir de la aplicación de la ecuación anteriormente mencionada.

Tabla 4-3: Cálculo ICA Total-Época Seca

Parámetros	Unidad	Resultados	ICA	Ponderación	Parámetros Ponderados
pH		8.84	42.65	10	426.5
Conductividad Eléctrica	uC	1141	37.47	10	374.7
Fosfatos	mg/L	0.34	56.20	30	1686
Nitratos	mg/L	1.9	100	30	3000
Oxígeno Disuelto	mg/L	3.50	23.97	20	479.4
Sumatoria				100	5966.6

Elaborado por: Soria Diego, Soria Andrés, 2020

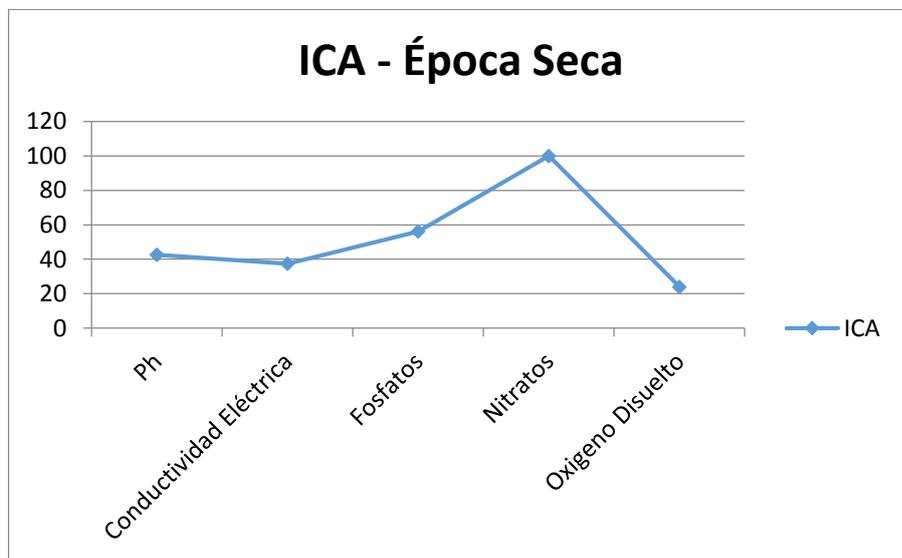


Gráfico 2-3: ICA – Época Seca

Elaborado por: Soria Diego, Soria Andrés, 2020

Rango de clasificación del ICA de acuerdo al criterio general

En base a nuestros cálculos del ICA de la época lluviosa y época seca podemos observar los diferentes criterios que se presentan en la siguiente figura.

ICA	Criterio General	Abastecimiento Público	Recreación	Pesca y Vida Acuática	Industrial y Agrícola
100		No requiere			No requiere
90	No contaminado	Purificación Ligera	Aceptable para cualquier deporte Acuático	Aceptable para todos los Organismos	Purificación Ligera
80	Aceptable	Purificación Mayor			Purificación para algunos procesos
70	Poco	Necesidad de Tratamiento	Aceptable no Recomendable	Aceptable excepto especies muy sensibles	Sin tratamiento para industria normal
60	Contaminado			Dudoso para especies sensibles	
50	Contaminado	Dudoso	Dudoso para contacto directo	Solo organismos muy resistentes	Tratamiento en la mayor parte de la industria
40			Sin contacto con el agua		
30		No	Señal de contaminación		Uso muy restringido
20	Altamente Contaminado	Aceptable		No	
10	Contaminado		No Aceptable	Aceptable	No Aceptable

Figura 1-3: Criterios de valoración para el ICA

Fuente: (Echaniz & Vignatti, 2009)

ICA	CRITERIO GENERAL
85 – 100	No Contaminado
70 - 84	Aceptable
50 – 69	Poco Contaminado
30 - 49	Contaminado
0 - 29	Altamente Contaminado

Figura 2-3: Criterios General para el ICA

Fuente: (López, 2019, p. 18)

3.2. Variabilidad de Concentraciones de Nutrientes presentes en la laguna de Colta

Para determinar la variabilidad de nutrientes en la laguna de Colta, utilizamos el método estadístico ANOVA y de esta manera poder analizar si existe significancia entre los resultados de la época Lluviosa y época Seca.

Los nutrientes que se analizaron son Fosfatos, Nitratos, Nitritos, Sulfatos y Nitrógeno Total, de los cuales obtuvimos los siguientes Anovas:

Tabla 5-3: Anova de Fosfatos

ANOVA					
Fosfatos					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,020	5	0,004	0,391	0,854
Dentro de grupos	0,938	90	0,010		
Total	0,958	95			

Elaborado por: Soria Diego, Soria Andrés, 2020

Tabla 6-3: Anova de Nitratos

ANOVA					
Nitratos					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2,046	5	0,409	0,535	0,749
Dentro de grupos	68,848	90	0,765		
Total	70,893	95			

Elaborado por: Soria Diego, Soria Andrés, 2020

Tabla 7-3: Anova de Nitritos

ANOVA					
Nitritos					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,000	5	0,000	2,188	0,062
Dentro de grupos	0,003	90	0,000		
Total	0,004	95			

Elaborado por: Soria Diego, Soria Andrés, 2020

Tabla 8-3: Anova de Sulfatos

ANOVA					
Sulfatos					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	34,927	5	6,985	1,155	0,338
Dentro de grupos	544,313	90	6,048		
Total	579,240	95			

Elaborado por: Soria Diego, Soria Andrés, 2020

Tabla 9-3: Anova de Nitrógeno Total

ANOVA					
Nitrógeno Total					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	9,625	5	1,925	1,133	0,349
Dentro de grupos	152,875	90	1,699		
Total	162,500	95			

Elaborado por: Soria Diego, Soria Andrés, 2020

De acuerdo a los Anovas obtenidos, indicamos que no es necesario aplicar el método de Tukey debido a que no existe Variabilidad de Nutrientes en las diferentes profundidades de la laguna de Colta entre la época lluviosa y la época seca.

Las variabilidades de nutrientes que se evidencian en profundidades superiores a 10 metros son aquellos que provienen de actividades agrícolas y ganaderas, según, (López, 2019) manifiesta que los nutrientes que más influyen en el proceso de Eutrofización son Fosfatos, Nitratos, Nitritos y Sulfatos debido a que estos se encuentran en suelos agrícolas y ganaderos donde se utilizan grandes cantidades de abonos químicos como fertilizantes, adicionales a los abonos naturales provenientes de los excrementos de animales, los cuales se infiltran por los poros del suelo hasta llegar a la parte subterránea de lagunas, existiendo mayor variabilidad y concentración de estos nutrientes en el fondo, esta variabilidad va disminuyendo hasta llegar a la parte superficial del agua.

3.3. Índice de Estado Trófico de Carlson (1977) o TSI

Para determinar el estado de Eutrofización en la laguna de Colta es necesario aplicar la ecuación basada en el Disco Secchi, este método es uno de los más utilizados que corresponde en conocer

la transparencia del agua, por lo tanto, se debe aplicar la siguiente fórmula propuesta por Carlson (1977).

$$\text{TSI (Disco Secchi)} = 60 - 14,41 * \ln \text{DS}$$

Dónde:

TSI = Índice de Estado Trófico de Carlson

DS= Profundidad del Disco Secchi en metros.

De acuerdo a Carlson la clasificación Trófica de lagunas presenta diferentes categorías para de esta manera poder identificar el estado trófico que presenta.

Tabla 10-3: Clasificación Trófica según Carlson

Categorías de la Trofia según Carlson	Clasificación Trófica
< 30	Oligotrófico
30-50	Mesotrófico
50-70	Eutrófico
70-80	Hipereutrófico

Fuente: (Echaniz & Vignatti, 2009)

3.4. Cálculos de la Eutrofización de la Época Lluviosa y Época Seca

Tabla 11-3: Cálculo de la Eutrofización de la Época Lluviosa

Puntos de Muestreo	Profundidad del Disco Secchi (DS)	Cálculo TSI (Disco Secchi)	Descripción
Punto 1	2.22m	TSI (Disco Secchi) = 60 – 14,41 * ln DS = 60 – 14,41 * ln 2.22 m = 48.51 m	Mesotrófico
Punto 2	1.95 m	TSI (Disco Secchi) = 60 – 14,41 * ln DS = 60 – 14,41 * ln 1.95 m = 50.38 m	Eutrófico
Punto 3	1.87 m	TSI (Disco Secchi) = 60 – 14,41 * ln DS = 60 – 14,41 * ln 1.87 m = 50.98 m	Eutrófico
Punto 4	2.30 m	TSI (Disco Secchi) = 60 – 14,41 * ln DS = 60 – 14,41 * ln 2.30 m = 48 m	Mesotrófico
Punto 5	2.02 m	TSI (Disco Secchi) = 60 – 14,41 * ln DS = 60 – 14,41 * ln 2.02 m	Mesotrófico

		= 49.87 m	
Punto 6	2.13m	TSI (Disco Secchi) = 60 – 14,41 * ln DS = 60 – 14,41 * ln 2.13m = 49.10 m	Mesotrófico
Punto 7	2.22 m	TSI (Disco Secchi) = 60 – 14,41 * ln DS = 60 – 14,41 * ln 2.22 m = 48.51 m	Mesotrófico
Punto 8	1.60 m	TSI (Disco Secchi) = 60 – 14,41 * ln DS = 60 – 14,41 * ln 1.60 m = 53.23 m	Eutrófico
Punto 9	2.38 m	TSI (Disco Secchi) = 60 – 14,41 * ln DS = 60 – 14,41 * ln 2.38 m = 47.50 m	Mesotrófico
Punto 10	2.35 m	TSI (Disco Secchi) = 60 – 14,41 * ln DS = 60 – 14,41 * ln 2.35 m =47.69 m	Mesotrófico
Punto 11	2.63 m	TSI (Disco Secchi) = 60 – 14,41 * ln DS = 60 – 14,41 * ln 2.63 m =46.07 m	Mesotrófico
Punto 12	2.65 m	TSI (Disco Secchi) = 60 – 14,41 * ln DS = 60 – 14,41 * ln 2.65 m =45.96 m	Mesotrófico
Punto 13	2.43 m	TSI (Disco Secchi) = 60 – 14,41 * ln DS = 60 – 14,41 * ln 2.43 m =47.21 m	Mesotrófico
Punto 14	2.70 m	TSI (Disco Secchi) = 60 – 14,41 * ln DS = 60 – 14,41 * ln 2.70 m =45.68 m	Mesotrófico
Punto 15	1.53 m	TSI (Disco Secchi) = 60 – 14,41 * ln DS = 60 – 14,41 * ln 1.53 m =53.87 m	Eutrófico
Punto 16	1.76 m	TSI (Disco Secchi) = 60 – 14,41 * ln DS = 60 – 14,41 * ln 1.76 m =51.85 m	Eutrófico

Elaborado por: Soria Diego, Soria Andrés, 2020

Una vez calculado el estado trófico mediante la ecuación de Carlson a base del disco secchi de los 16 puntos de muestreo en la laguna de Colta, se representa gráficamente a continuación:

Tabla 12-3: TSI (DISCO SECCHI) de la Época Lluviosa

PUNTOS DE MUESTREO	TSI (DISCO SECCHI) m
1	48,51
2	50,38
3	50,98
4	48
5	49,87
6	49,1
7	48,51
8	53,23
9	47,5
10	47,69
11	46,07
12	45,96
13	47,21
14	45,68
15	53,87
16	51,85

Elaborado por: Soria Diego, Soria Andrés, 2020

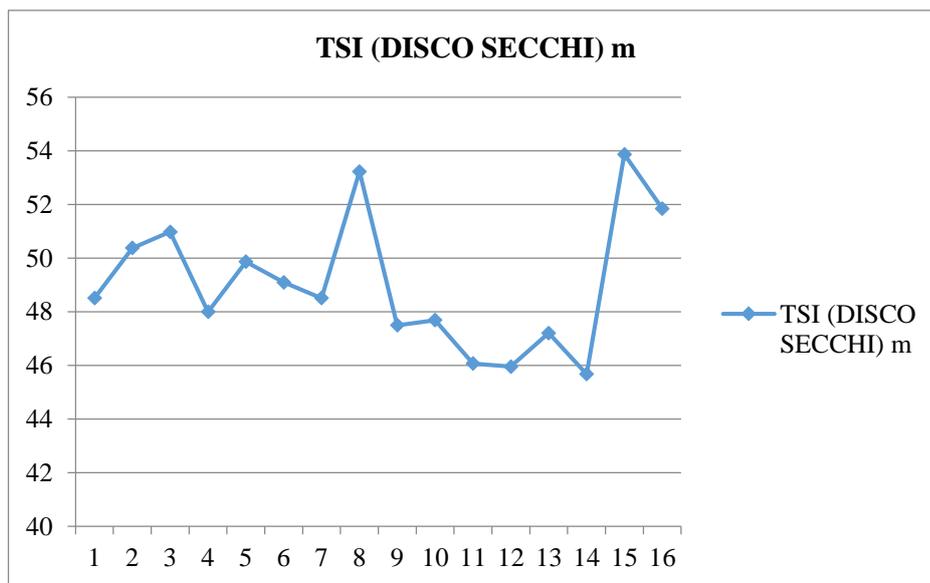


Gráfico 3-3: TSI (DISCO SECCHI) de la Época Lluviosa

Elaborado por: Soria Diego, Soria Andrés, 2020

Para determinar el Índice de Estado Trófico (TSI) de Carlson en la época lluviosa, se lo realizó con ayuda del Disco Secchi el cual nos permitió medir la transparencia, es decir la turbiedad del agua en los 16 puntos de monitoreo en la Laguna de Colta. Existen puntos que se encuentran en estado Mesotrófico lo cual significa que el Disco Secchi es visible a una mayor profundidad hasta perderse por la presencia de algas. Existen también puntos que se encuentran en estado Eutrófico lo cual significa que el Disco Secchi es visible a una menor profundidad hasta perderse por la presencia de algas abundantes.

Tabla 13-3: Cálculo de la Eutrofización de la Época Seca

Puntos de Muestreo	Profundidad del Disco Secchi (DS)	Cálculo TSI (Disco Secchi)	Descripción
Punto 1	1.50 m	TSI (Disco Secchi) = $60 - 14,41 * \ln DS$ = $60 - 14,41 * \ln 1.50 \text{ m}$ = 54.16 m	Eutrófico
Punto 2	1.92 m	TSI (Disco Secchi) = $60 - 14,41 * \ln DS$ = $60 - 14,41 * \ln 1.92 \text{ m}$ = 50.60 m	Eutrófico
Punto 3	1.65m	TSI (Disco Secchi) = $60 - 14,41 * \ln DS$ = $60 - 14,41 * \ln 1.65 \text{ m}$ =52.78 m	Eutrófico
Punto 4	1.80 m	TSI (Disco Secchi) = $60 - 14,41 * \ln DS$ = $60 - 14,41 * \ln 1.80 \text{ m}$ = 51.53m	Eutrófico
Punto 5	1.20 m	TSI (Disco Secchi) = $60 - 14,41 * \ln DS$ = $60 - 14,41 * \ln 1.20 \text{ m}$ =57.37 m	Eutrófico
Punto 6	2.57m	TSI (Disco Secchi) = $60 - 14,41 * \ln DS$ = $60 - 14,41 * \ln 2.57\text{m}$ = 46.40 m	Mesotrófico
Punto 7	2.70 m	TSI (Disco Secchi) = $60 - 14,41 * \ln DS$ = $60 - 14,41 * \ln 2.70 \text{ m}$ = 45.68 m	Mesotrófico
Punto 8	2.40 m	TSI (Disco Secchi) = $60 - 14,41 * \ln DS$ = $60 - 14,41 * \ln 2.40 \text{ m}$ =47.38 m	Mesotrófico
Punto 9	2.63 m	TSI (Disco Secchi) = $60 - 14,41 * \ln DS$ = $60 - 14,41 * \ln 2.63 \text{ m}$ = 46.06 m	Mesotrófico

Punto 10	2.55 m	TSI (Disco Secchi) $= 60 - 14,41 * \ln DS$ $= 60 - 14,41 * \ln 2.55 \text{ m}$ $= 46.51\text{m}$	Mesotrófico
Punto 11	2.63 m	TSI (Disco Secchi) $= 60 - 14,41 * \ln DS$ $= 60 - 14,41 * \ln 2.63 \text{ m}$ $= 46.07 \text{ m}$	Mesotrófico
Punto 12	2.20 m	TSI (Disco Secchi) $= 60 - 14,41 * \ln DS$ $= 60 - 14,41 * \ln 2.20 \text{ m}$ $= 48.64 \text{ m}$	Mesotrófico
Punto 13	1.10 m	TSI (Disco Secchi) $= 60 - 14,41 * \ln DS$ $= 60 - 14,41 * \ln 1.10 \text{ m}$ $= 58.63 \text{ m}$	Eutrófico
Punto 14	2.73 m	TSI (Disco Secchi) $= 60 - 14,41 * \ln DS$ $= 60 - 14,41 * \ln 2.73 \text{ m}$ $= 45.53 \text{ m}$	Mesotrófico
Punto 15	2.87m	TSI (Disco Secchi) $= 60 - 14,41 * \ln DS$ $= 60 - 14,41 * \ln 2.87\text{m}$ $= 44.81\text{m}$	Mesotrófico
Punto 16	2.50 m	TSI (Disco Secchi) $= 60 - 14,41 * \ln DS$ $= 60 - 14,41 * \ln 2.50 \text{ m}$ $= 46.80 \text{ m}$	Mesotrófico

Elaborado por: Soria Diego, Soria Andrés, 2020

Una vez calculado el estado trófico mediante la ecuación de Carlson a base del disco secchi de los 16 puntos de muestreo en la laguna de Colta, el cual se representa gráficamente a continuación:

Tabla 14-3: TSI (DISCO SECCHI) de la Época Seca

PUNTOS DE MUESTREO	TSI (DISCO SECCHI) m
1	54,16
2	50,6
3	52,78
4	51,53
5	57,37
6	46,4
7	45,68
8	47,38
9	46,06
10	46,51
11	46,07
12	48,64
13	58,63
14	45,53
15	44,81
16	46,8

Elaborado por: Soria Diego, Soria Andrés, 2020

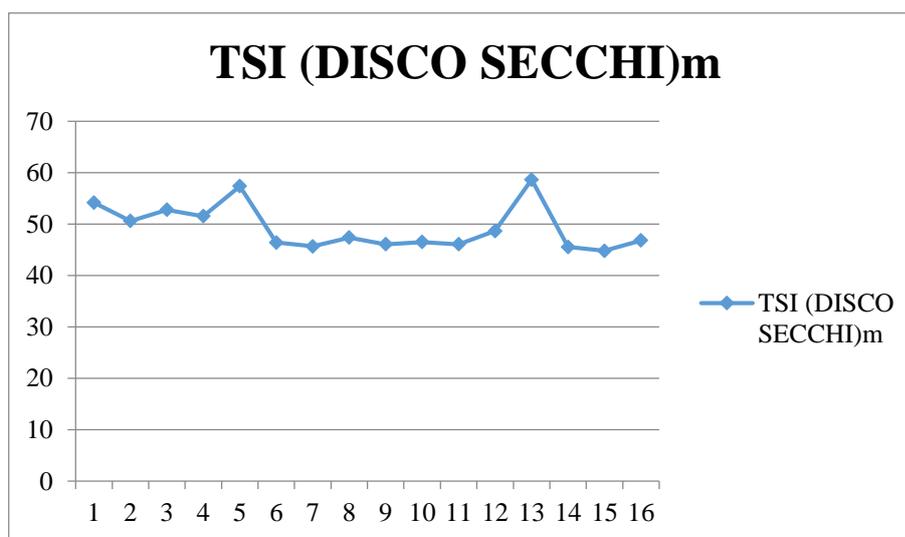


Gráfico 4-3: TSI (DISCO SECCHI) de la Época Seca

Elaborado por: Soria Diego, Soria Andrés, 2020

Para determinar el Índice de Estado Trófico (TSI) de Carlson en la época seca, se lo realizó con ayuda del Disco Secchi el cual nos permitió medir la transparencia, es decir la turbiedad del agua en los 16 puntos de monitoreo en la Laguna de Colta. Existen puntos que se encuentran en estado Mesotrófico lo cual significa que el Disco Secchi es visible a una mayor profundidad hasta perderse por la presencia de algas. Existen también puntos que se encuentran en estado Eutrófico

lo cual significa que el Disco Secchi es visible a una menor profundidad hasta perderse por la presencia de algas abundantes.

CONCLUSIONES

- Se identificó los aspectos ambientales que influyen en la laguna de Colta mediante una Matriz de Leopold, donde se evidencia que los aspectos ambientales que más influyen son la agricultura y ganadería, mientras que el menos influyente es el Turismo.
- Se evaluó el Índice de Calidad del Agua de parámetros como pH, Conductividad Eléctrica, Fosfatos, Nitratos y Oxígeno Disuelto, por lo tanto, se llegó a conocer el rango de contaminación.
- No existe Variabilidad de Nutrientes en las diferentes profundidades de la laguna de Colta entre la época lluviosa y la época seca.
- Existen puntos que se encuentran en estado Mesotrófico y en estado Eutrófico debido a la presencia de algas, dependiendo de la profundidad del disco secchi.

RECOMENDACIONES

Generar un área buffer o un área de amortiguamiento alrededor de la laguna mediante arbustos, árboles y pastos perennes para de esta manera capturar las diferentes partículas que provienen de las actividades agrícolas y ganaderas.

Establecer una mayor cantidad de puntos a muestrear en la laguna de Colta para obtener mayor cantidad de resultados y poder alcanzar datos que proporcionen mayor información.

Concientizar a los habitantes alrededor de la laguna de Colta sobre el uso adecuado de fertilizantes en suelos agrícolas para no contaminar a la laguna.

Establecer medidas de prevención en las actividades agrícolas y ganaderas para disminuir la contaminación a la laguna.

Realizar un control y seguimiento en las diferentes actividades que se desarrollan dentro y alrededor de la laguna de Colta con el fin de no causar mayor contaminación, para evitar que el Estado Trófico cambie a otro nivel superior por el uso excesivo de nutrientes que provienen de la agricultura y ganadería.

BIBLIOGRAFÍA

ABELLÁN MANUELA, Andrés; & GARCÍA MORETE, Francisco. *La evaluación del impacto ambiental de proyectos y actividades agroforestales.* 4ª ed. Madris-España: Universidad de Castilla- La Mancha, 2006, pp.420.

BOLAÑOS, Jhon; et al. "Determinación de nitratos, nitritos, sulfatos, fosfatos en el agua como indicadores de contaminación por el hombre en dos cantones de Alajuela". *Tecnología en marcha*, vol. 30, n° 4 (2017), (Costa Rica) pp. 15-27.

CAMPOS SOLIS, Eleana Mavil . Estudio de los efectos de las actividades ribereñas de la población en el comportamiento de la laguna Ñahuinpuquio-Chupaca [En línea] (Maestría) Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería Química, Escuela de posgrado. Huancayo, Perú. 2015. pp. 2-5. [Último acceso: 22 Noviembre 2019]. Recuperado de: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4609/Campos%20Solis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CAMPUZANO, Silvia; et al. "Caracterización del desecho tóxico producido en Pymes que fabrican detergentes". *Red de revistas científicas de America Latina, el Caribe, España y Portugal*, vol 9. (2006), (Colombia) pp. 77-88.

DÍAZ, Pedro B.; & MIRANDA, Leticia C. "Contaminación de aguas superficiales por residuos de pesticidas en Venezuela y otros países de Latinoamérica". *Revista internacional de Contaminación Ambiental*, vol 29. (2013), (Venezuela) pp. 7-23.

ECHANIZ, Santiago.; & VIGNATTI, Alicia. "Determinación del estado trófico y de la capacidad de carga del embalse casa de piedra". *Bioscriba*, vol 2. (2009) (Argentina) pp. 41-51.

ESCOBAR, Jairo. "La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar". *Cepal*, vol. 50. (2002), (Chile) pp. 15.

FERNÁNDEZ, Alicia C. "El agua: un recurso esencial". *Química viva*, vol 11, n° 3 (2012), (Argentina) pp. 147-170.

FERNANDEZ, Miguel C.; & VÁZQUEZ, Yaniel M. "Origen de los nitratos (NO) y nitritos y su influencia en la potabilidad de las aguas subterráneas". *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, vol 22, n° 3 (2006), (Cuba) pp. 1-9.

HACH. Manual de análisis de agua. [En línea]. Berlín, Alemania, 2000. [Consulta: 8 Enero de 2019]. Recuperado de: file:///C:/Users/xime_/Downloads/Water%20Analysis%20Manual-Spanish-Manual%20de%20Análisis%20de%20Agua.pdf

HILL, Jhon.; & KOLB, Doris. *Química para el nuevo milenio*. 8ª ed. Naucalpan de Juárez-México: Practice Hall, 1999, pp. 333

IDEAM, 2017. Protocolo de monitoreo del agua. [En línea]. Bogota, Colombia, 2017. [Consulta: 14 Octubre 2019]. Recuperado de: http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023773/PROTOCOLO_MONITOREO_AGUA_IDEAM.pdf

LOMBARDERO, J. L. *Manual para la formación en el medio ambiente*. Madrid-España: Lex Nova. 2008, pp. 256.

LÓPEZ, Carmen; et al. "El fitoplancton como indicador de calidad de masas de agua muy modificadas en la DMA. El lago artificial de As Pontes (A Coruña, España)". *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, vol 23 (2016), (España) pp. 85-97.

LÓPEZ VARGAS, Mayra Amanda. Caracterización Físicoquímica y bacteriológica de aguas de las laguna de Colta de la zona central del Ecuador. [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias de la Salud, Carrera de Laboratorio Clínico, 2019. pp. 61-85. [Consulta: 23 Diciembre 2019]. Recuperado de: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29298/2/TESISMAYRALOPEZ20190121.pdf>

MONTALVO, José; et al. "Modelación de la eutrofización e índice de calidad del agua en algunas bahías del archipiélago Sabana Camaguey". *SciELO*, vol 34, n° 3 (2014), (Cuba) pp. 307-323.

OCAÑA VASQUEZ, Wilmer German. *Determinación de alcalinidad del agua del proceso*. [blog]. Lima: R.W.Sabnis, 2014. [Consulta: 14 septiembre 2019]. Recuperado de: <http://www.austd.com/trabajos79/determinacion-alcalinidad-agua-proceso/determinacion-alcalinidad-agua-proceso2.shtml>

PERDOMO, Ysley;. & BARRIENTOS, Yolanda. "Fuentes de enriquecimiento químico vinculado a los desarrollos agrícolas en Hoyo de la cumbre parque nacional Waraira Repano Venezuela". *Revista de Investigación*, vol 37, n° 80 (2013), (Venezuela) pp. 69-90.

PÉREZ, Rosario E. 2008. "El lado oscuro de la ganadería". *Revista Latinoamericana de Economía*, vol 39, n° 154 (2008), (México) pp. 217-227.

PINOS, Juan; et al. "Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. *Agrociencia*", *Agrociencia*, vol 46, n° 4 (2012), (México) pp. 359-370.

PUERTO, Asela; et al. "Effects of pesticides on health and the environment". *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, , vol 52, n°3 (2014), (Cuba) pp. 372-387.

QUIALA, Yuniey; et al. "Evaluación de impacto ambiental al proyecto de dragado Marina Periquillocaya Las Brujas". *Riha*, vol 36, n°2 (2015), (Cuba) pp. 17-30.

RAMOS SOBERANIS, Amilcar Noé. Metodologías matriciales de evaluación ambiental para países en desarrollo: matriz de Leopold y Método Mel-Enel. [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, San Carlos, Guatemala, 2004. pp. 29 [Consulta: 18 Julio 2019]. Recuperado de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2469_C.pdf

SOTOMAYOR MAGUIÑA, Lenin Fabio.; & DIAZ MEDINA, Ana Cecilia. Evaluación de la Eutrofización de la Laguna Conococha-Ancash a agosto de 2012. [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Nacional "Santiago Antunez de Mayolo", Facultad de Ciencias del Ambiente, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, Huaraz Ancash, Perú, 2013. pp. 32-33. [Consulta: 23 Marzo 2019]. Recueprado de: https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/publications/The ses/Tesis_Diaz_y_Sotomayor_2013.pdf

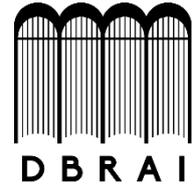
TENELEMA GUZMÁN, Euler Eliecer. Validación de datos de turbides obtenidos con el método del disco en comparación con el método de los turbidímetros en las aguas de la laguna Kulta Kucha del cantón Colt, Porvinci de Chimborazo durante el periodo abril- agosto del 2016. [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Riobamba, Ecuador, 2016. pp. 102. [Consulta: 25 Mayo 2019]. Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6255/1/236T0240.pdf>

YEPIS, Olga; et al. "La contaminación ambiental por el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados en el cultivo de tomate". *Scientia gerundensis*, vol 24, (1999), (Italia) pp. 5-12.

ZOUTEN, Hala. Análisis Mediante Modelado avanzado de procesos de eutrofización en lagunas litorales: Aplicación a masas de aguas atlánticas y mediterráneas [En línea] (Maestría). Universidad de Cantabria, Departamento de Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente, Cantabria, España, 2012. pp. 13. [Consulta: 14 julio 2019]. Recuperado de: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/1239/TesisHZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**



**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN**

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

Fecha de entrega: 28 / 02 / 2020

INFORMACIÓN DE AUTORES
Nombres-Apellidos: Diego Javier Soria Freire Néstor Andrés Soria Freire
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería en Biotecnología Ambiental
Título a optar: Ingeniero en Biotecnología Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: