



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

**“DETERMINACIÓN DE EUTROFIZACIÓN A PARTIR DE LA  
SALUBRIDAD DE SUS NUTRIENTES, EN LA LAGUNA URBANA  
VALLE HERMOSO DEL CANTÓN GUANO”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**  
**TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Presentado para optar al grado académico de:**

**INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTORA: MYRIAM VANESA ROMERO MEDINA**

**DIRECTOR: ING ANDRÉS AUGUSTÍN BELTRÁN DAVALOS**

**Riobamba - Ecuador**

**2019**

@ 2019, Myriam Vanesa Romero Medina.

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.



## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Myriam Vanesa Romero Medina, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciado. Como autora, asumo la responsabilidad legal y académicas de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba 19 de Febrero del 2019

Myriam Vanesa Romero Medina.

C.I. 060426917-5

Yo, Myriam Vanesa Romero Medina, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Proyecto de Titulación y el patrimonio intelectual del Proyecto de titulación, pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

MYRIAM VANESA ROMERO MEDINA

## **DEDICATORIA**

A mi Padre Armando que siempre está en mi mente y corazón, que a pesar de nuestra distancia física, siento que está conmigo siempre y aunque nos faltó muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para él como lo es para mí, a mi Madre Inés por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional.

A mis hermanos Carlos y Gaby quienes con sus palabras de aliento no me dejaron rendirme para que siguiera adelante siendo perseverante con mis metas.

A mi sobrino Luisito por sacarme una sonrisa cada día.

A mi novio Luis, por brindarme su comprensión, cariño y amor.

**Vanesa**

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres, por el esfuerzo, dedicación, paciencia, por su confianza y por todo lo que me han dado a lo largo de mi carrera y de mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo quien me abrió las puertas para formarme profesionalmente.

Agradezco a los docentes que con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Mi más grande y sincero agradecimiento al Ing. Andrés Beltrán, principal colaborador durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	xv
SUMMARY .....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	4
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL .....	4
1.1. Antecedentes.....	4
1.2. Bases Teóricas Generales .....	5
1.2.1. Recursos hídricos.....	5
1.2.2. Contaminación del agua .....	6
1.2.3. Química del agua.....	6
1.2.4. Ciclos .....	8
1.2.5. Eutrofización. ....	16
1.2.6. Metodología de medición o determinación del Estado Trófico.....	17
CAPÍTULO II .....	20
2. METODOLOGÍA.....	20
2.1. Tipo.....	20
2.1.1. Diseño de la Investigación.....	20
2.2. Área de estudio. ....	20
2.2.1. Puntos de monitoreo .....	21
2.3. Muestreo. ....	22
2.3.1. Recolección de muestras y mediciones “in situ” .....	23
2.4. Análisis de Laboratorio. ....	25
2.4.1. Nutrientes. ....	25
2.5. Evaluación de Índice del Estado Trófico.....	31

2.5.1.	Índice de estado trófico para transparencia secchi .....	31
2.5.2.	Índice de estado trófico para clorofila “a” .....	31
2.5.3.	Índice de estado trófico para fósforo total.....	32
2.5.4.	Índice de Estado Trófico Total.....	32
2.6.	Análisis estadístico .....	33
CAPÍTULO III.....		35
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	35
3.1.	Parámetros In situ .....	35
3.2.	Nutrientes .....	40
3.3.	Matriz de correlaciones .....	47
3.4.	Varianza total explicada .....	49
3.5.	Matriz de componentes rotados.....	50
3.6.	Índice de Estado Trófico.....	51
CONCLUSIONES .....		53
RECOMENDACIONES .....		54
BIBLIOGRAFIA		
ANEXOS		

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> Escala de valores de estado trófico según Carlson 1997 .....	19
<b>Tabla 2-2:</b> Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo.....	22
<b>Tabla 3-3:</b> Métodos utilizados parámetros.....	25
<b>Tabla 4-2:</b> Métodos utilizados para los nutrientes. ....	28
<b>Tabla 5-2:</b> Escala de Valores de Estado Trófico según Carlson 1977 .....	33
<b>Tabla 6-3:</b> Temperatura.....	35
<b>Tabla 7-3:</b> pH.....	36
<b>Tabla 8-3:</b> Conductividad.....	37
<b>Tabla 9-3:</b> .Transparencia. ....	38
<b>Tabla 10-3:</b> Oxígeno Disuelto.....	39
<b>Tabla 11-3:</b> Nitritos.....	40
<b>Tabla 12-3:</b> Nitratos .....	41
<b>Tabla 13-3:</b> Nitrógeno amoniacal .....	42
<b>Tabla 14-3:</b> Sulfatos.....	43
<b>Tabla 15-3:</b> Fosfatos .....	44
<b>Tabla 16-3:</b> Fosforo Total .....	45
<b>Tabla 17-3:</b> Clorofila “a” .....	46
<b>Tabla 18-3:</b> Carbono Orgánico Total.....	47
<b>Tabla 19-3:</b> TSI Promedio Total .....	52
<b>Tabla 20-3:</b> Estado Eutrófico según la propuesta de Carlson. ....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b> Ciclo del nitrógeno.....	9
<b>Figura 2-1:</b> Ciclo del Carbono .....	10
<b>Figura 3-1:</b> Ciclo del Nitrógeno.....	11
<b>Figura 4-1:</b> Ciclo del Azufre.....	12
<b>Figura 5-2:</b> Puntos de monitoreo .....	21
<b>Figura 6-2:</b> Muestreador Van Dorn .....	22

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b> Temperatura.....	36
<b>Gráfico 2-3:</b> pH.....	37
<b>Gráfico 3-3:</b> Conductividad .....	38
<b>Gráfico 4-3:</b> Transparencia Secchi.....	39
<b>Gráfico 5-3:</b> Oxígeno Disuelto.....	40
<b>Gráfico 6-3:</b> Nitritos.....	41
<b>Gráfico 7-3:</b> Nitratos .....	42
<b>Gráfico 8-3:</b> Nitrógeno Amoniacal .....	43
<b>Gráfico 9-3:</b> Sulfatos.....	44
<b>Gráfico 10-3:</b> Fosfatos .....	45
<b>Gráfico 11-3:</b> Fosforo Total .....	46
<b>Gráfico 12-3:</b> Clorofila "a" .....	47

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>Fotografía 1-2:</b> Laguna Valle Hermoso.....	21
<b>Fotografía 6-2:</b> Determinación de clorofila .....	30

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo A:</b> Laguna Valle Hermoso Cantón Guano .....	60
<b>Anexo B:</b> Bote .....	60
<b>Anexo C:</b> Muelle de la laguna Valle Hermoso .....	61
<b>Anexo D:</b> Totora .....	61

## RESUMEN

Las lagunas urbanas “spond” generalmente sufren procesos de eutrofización por la abundancia de nutrientes en su agua, como el fósforo y el nitrógeno. Estas lagunas guardan importancia por sus servicios ecosistémicos como: paisajismo, riego y sumideros de CO<sub>2</sub>. El objetivo de esta investigación fue determinar la eutrofización a partir de la salubridad de sus nutrientes, en la laguna urbana Valle Hermoso del cantón Guano, se ubicaron 5 puntos de monitoreo en la laguna, donde se midieron parámetros fisicoquímicos in situ como: el pH, conductividad, Oxígeno Disuelto, temperatura, transparencia secchi. En el laboratorio se realizaron análisis de nitritos, nitratos, sulfatos, fosfatos, nitrógeno amoniacal, fósforo total, carbono orgánico total, mediante métodos espectrofotométricos cumpliendo con los protocolos de APHA (American Public Health Association). La clorofila “a” se determinó mediante el método tricromático. Los resultados obtenidos de fósforo, clorofila “a” y transparencia secchi permitió evaluar el Índice de Eutrofización bajo los criterios establecidos por Carlson 1977. La correlación significativa determinada en el paquete estadístico IBM SPSS Statistics 24, fue: fosfatos fósforo total, los cuales determinaron el comportamiento de eutrofia de la laguna. La deficiente gestión pública en la administración de este recurso, reflejado en las actividades antrópicas que se desarrollan alrededor del cuerpo hídrico, relacionado con los análisis del Eutrofia, aportaron resultados objetivos de su estado con un TSI Total (Trophic state index) de 83,55 en una época de estiaje comprendida entre los meses de: Junio, Julio, Agosto y Septiembre del 2018.

**Palabras Clave:** <BIOTECNOLOGIA>, <EUTROFIZACIÓN>, <NUTRIENTES>, <CLOROFILA A>, <FOSFATOS>, <FOSFORO TOTAL>, < TROPHIC STATE INDEX (TSI)>, <LAGUNA VALLE HERMOSO>, <GUANO (CANTON)>.

## SUMMARY

The urban ponds generally undergo eutrophication processes due to the abundance of nutrients like phosphorus and nitrogen in their water. These ponds have a paramount importance because of their services to the ecosystem, such as: landscaping, irrigation and CO<sub>2</sub> sinks. The objective of this investigation was to determine the eutrophication of the urban pond Valle Hermoso in Guano canton, taking as a point of departure the nutrients' healthiness of this pond. Five monitoring points were installed in this pond and physicochemical parameters like: pH, conductivity, dissolved oxygen, temperature and water transparency (with Secchi disk) were measured in situ. Also, the nitrites, nitrates, sulfates, phosphates, ammoniacal nitrogen, total phosphorus and total organic carbon were analyzed in the laboratory using the spectrophotometric methods; fulfilling this way, the APHA (American Public Health Association) protocols. The chlorophyll a, was determined using the trichromatic method. The results of phosphorus, chlorophyll a, and water transparency (determined with the Secchi Disk) obtained, gave the authors the opportunity to evaluate the eutrophication using the criteria established by Carlson 1977. The significant correlation determined in the statistical package IBM SPSS 24 was: total phosphates phosphorus, which determined the eutrophic behavior of this pond. The inefficient public management of this resource, which is reflected in the anthropic activities that are developed around this body of water and related with the eutrophic analysis, provided objective results of the condition of this pond. The Total TSI (Trophic state index) was 83,55 in a low water level period that covered the months of June, July, August and September, 2018.

**KEY WORDS:** <BIOTECHNOLOGY >, < EUTROPHICATION >, <NUTRIENTS>, < CHLOROPHYLL A >, < PHOSPHATES >, < TOTAL PHOSPHORUS >, < TSI (TROPIC STATE INDEX) >, < VALLE HERMOSO POND >, < GUANO (CANTON) >

## INTRODUCCIÓN

El concepto de eutrofización fue enunciado la primera vez por Thienemann (1918) y Naumann (1919), y hacía referencia al proceso por el cual las aguas de los lagos se volvían más productivas por la acumulación de nutrientes, fundamentalmente compuestos inorgánicos de nitrógeno y fósforo, (Gómez 2015)

Vollenweider en el año de 1983 fue el primer en investigar el grado de eutrofización de un hábitat a partir de la concentración de clorofila, medida que a su vez está relacionado con el incremento en la concentración de nutrientes. (Zouiten 2012)

La Laguna Valle Hermoso se encuentra en la carretera Riobamba Guano a una distancia de 200 metros, es considerada como un destino turístico el paisaje que se observa es espectacular, se puede admirar el altar, rodeado de bosque de pinos que rodea a la laguna. En la laguna se observa algas y una gran cantidad de totoras (AME 2010)

La Laguna es utilizada para la recreación, debido a que no es considerada como un recurso hídrico, no existe ningún control por parte de las autoridades, esto ha desencadenado que la laguna se vaya deteriorando, conjuntamente el ecosistema del lugar.

Es importante conocer los parámetros que permitan la identificación de la salubridad del recurso hídrico, para poder determinar el grado de eutrofización de la laguna Valle Hermoso asociado con los factores hidro- meteorológicos de la época de estiaje, comprendida entre los meses de Junio, Junio, Agosto, Septiembre. Esto nos permitirá reconocer y gestionar los procesos de eutrofización en la que se encuentra.

Según (Rivera 2002) indica que la evaluación del estado trófico de un medio acuático se expresa en la relación entre la disponibilidad de nutrientes y el crecimiento del fitoplancton dentro del sistema, por lo que el proceso de eutrofización depende principalmente del marco geográfico del medio y de las cargas de nutrientes que recibe, y se ve afectado no sólo por el aporte de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, sino también por factores como la temperatura, el pH, la turbidez, etc. (Carlson 1997)

En los últimos períodos a nivel global, la eutrofización se ha convertido en uno de los problemas que presentan los cuerpos de agua, el proceso consiste en un desarrollo excesivo de algas en una masa de agua superficial estancada que origina una alteración de sus características físicoquímicas iniciales. (Villaseñor 2011)

Según (Roldán, Ramírez 2008) este proceso resulta del aumento de nutrientes limitantes, principalmente nitratos y fosfatos que proporcionan un desarrollo exagerado de fitoplancton y plantas acuáticas.

En el Ecuador, existe una gran variedad de lagos y lagunas, pero pocos son el objeto de estudio el campo limnológico, la laguna Valle Hermoso del cantón Guano tiene un estudio realizado por Denis Pilco sobre la influencia de los nutrientes en la concentración de clorofila realizado en la época de invierno, es por ello que nace el interés de determinar el estado trófico de estas aguas en la época de estiaje con el propósito de comparar información actual para estudios posteriores, con ello ayudar a la conservación de las especies acuáticas de la laguna, promover actividades para un turismo comunitario responsable y que éstas aporten ingresos económicos para las familias que habitan en los alrededores.

El Artículo 14 de la Constitución de la República del Ecuador indica “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados” Esta investigación contribuye con el conocimiento al estudio de lagunas tropicales de alta montaña, así se aporta en el cumplimiento de este derecho.

Contar con estudios hidro-meteorológicos y de nutrientes asociados a procesos de eutrofización que contribuyen a la descripción de este recurso hídrico por SENAGUA, y el GAD municipal de Guano. El estudio permitirá establecer lineamientos para la Gestión ambiental de este recurso hídrico por la Junta Parroquial de la Parroquia el Rosario y el GAD municipal de Guano para evitar sanciones y multas por parte de los organismos de control Ambiental.

Esta investigación es pertinente porque se encuentra en las líneas que maneja la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y la Facultad de Ciencias, en el área de Medio Ambiente y Recursos Naturales en la gestión de recursos como el aire, agua y suelo.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

- Determinar la eutrofización a partir de la salubridad de sus nutrientes, en la laguna urbana Valle Hermoso del cantón Guano.

### **Objetivos Específicos**

- Analizar los nutrientes de la laguna Valle Hermoso del cantón Guano en la época de estiaje.
- Evaluar los nutrientes que determinan los procesos de eutrofización la laguna Valle Hermoso del Cantón Guano.
- Evaluar el grado de eutrofización de la Laguna Valle Hermoso del cantón Guano.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### 1.1. Antecedentes

El Ecuador tiene una gran variedad de lagunas de alta montaña de las cuales existen muy pocos estudios limnológicos que permitan conocer cómo se ven afectadas sus características físicas, químicas y biológicas ya sea por actividades antrópicas o naturales.

Granizo (2011), el aumento o la disminución de factores limitantes al proceso de crecimiento de organismos vivos fotosintéticos, controlan el desarrollo del mismo, en los cuales se encuentran la temperatura, la luz, los nutrientes, tales como los nitratos, el fosforo entre otros el pH y tipo de sustrato que afecta directamente a las comunidades de perifitón, fitoplancton y zooplancton. (Zambrano 2018)

Según (Zouiten 2012), dice que la eutrofización es uno de los problemas más graves que amenazan a la vida ecológica en las lagunas, no hay duda de que los análisis del estado trófico de dichos medios son indispensable.

Existen ambientes naturalmente eutróficos, la eutrofización se halla relacionada con la actividad humana. Los orígenes antrópicos de nutrientes proceden de áreas urbanas que constituyen un aporte de aguas cloacales, el uso de jabones, detergentes, en zonas de intensa actividad agrícola, la utilización de fertilizantes.

Los lagos, con renovación muy lenta, fueron históricamente los primeros en suscitar el interés científico sobre el desarrollo de métodos y herramientas para el análisis de su restauración ambiental (Zouiten, 2012)

El estudio de la eutrofización, constituye uno de los ejes de investigación más importantes para la comunidad científica en este ámbito La ciencia ha permitido establecer las mejores estrategias de manejo del recurso, estableciendo planes de gestión y control del agua, con el fin de conservar su calidad o restablecerla.

## **1.2. Bases Teóricas Generales**

### ***1.2.1. Recursos hídricos***

Los recursos hídrico según (Roldan, G & Ramirez 2008) son cuerpos de agua que existen en el planeta, desde los océanos hasta los ríos pasando por los lagos, los arroyos y las lagunas. Estos recursos deben preservarse y utilizarse de forma racional ya que son indispensables para la existencia de la vida.

Los ríos, son ecosistemas acuáticos de aguas corrientes o loticas, asociados comúnmente a lugares de erosión, transporte y sedimentación de materiales, en los ríos no existen determinaciones previas. El caudal es siempre variable, según el régimen hidrológico de la cuenca, y puede ser a una escala de tiempo estacional o bien restringido a un evento meteorológico. (Roldan, G & Ramirez 2008)

“Los ríos son un medio con un flujo bifásico de agua y sedimentos, da una aportación de agua y una de sedimentos proveniente de una cuenca o un cauce. Si no existen cambios espaciales o temporales, simplemente el río aporta una cierta cantidad de ambas fases”. (Martín 2002)

Los lagos son como una unidad discreta del paisaje, como ya lo hizo Forbes (1887), al definir el lago como un habitat cerrado, son una prolongación de agua rodeada de tierra por todas partes y de agua dulce. Los lagos se han formado por lo regular en las altas montañas por procesos de deshielo o movimientos tectónicos. (Roldan, G & Ramirez 2008).

Las lagunas son cuerpos de agua menos profundos y más simples. “Eventualmente las lagunas están compuestas por masa de agua homogénea y sin división con respecto a la temperatura, en efecto los sedimentos del fondo están sometidos a mayor turbulencia, mayor oxigenación y a mayor intercambio de sales. Algunas lagunas alcanzan gran longitud, pero su profundidad es poco significativa”.(Iriondo 2009).

También las lagunas urbanas de origen antrópico que representan los cuerpos de agua dulce que la mayor parte de la población conocen y utilizan. Son ecosistemas particulares que forman parte de la ecología urbana y contribuyen a incrementar la calidad ambiental y de vida de la población, así como a mitigar las adversidades del avance de la urbanización y el cambio climático. (Taborda 20016)

### ***1.2.2. Contaminación del agua***

En cuando el agua puede purificarse, gracias a esta habilidad de recreación y acumulación hace que sea el vertedero usual de residuos: pesticidas, desechos químicos, metales pesados, residuos radiactivos, etc. La separación de las aguas viene desde hace años atrás pero en esta era se ha desarrollado este problema a ríos y mares de todo el universo. (García 2002)

Dentro de las sustancias químicas inorgánicas están los ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo, en altas concentraciones pueden causar graves daños a los seres vivos.

Los nitratos y fosfatos forman sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su crecimiento, sino si se encuentran en abundancia provocan el desarrollo de algas y otros organismos estimulando la eutrofización de las aguas. Al descomponerse las algas, se extingue el oxígeno y se hace improbable la existencia de otros seres vivos, el resultado es un agua nauseabunda. (García 2002)

Los compuesto orgánico corresponden a un conjunto de compuestos químicos que tienen en común su estructura interviene constantemente el carbono, los compuestos del carbono, en sus diferentes formas, sus óxidos, el ácido carbónico, sus sales , y otros compuestos carbonados son compuestos inorgánicos.(Martínez 2011)

Los desechos orgánicos, forma un conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganadería, etc. Contienen excretas y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas. Cuando estos desechos se encuentran en abundancia, la expansión de bacterias agota el oxígeno, y no pueden permanecer en estas aguas peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. Buenos índices para calcular la profanación por desechos orgánicos son la suficiencia de oxígeno disuelto, OD, en agua, o la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno). (Garcia 2002)

### ***1.2.3. Química del agua***

Los parámetros físicos del agua son:

- Turbidez

La turbidez es inducida por el aumento de plancton y de la materia orgánica en suspensión, esto se da a que la iluminación no penetre a los suelos sumergibles, la materia en suspensión se localiza en las bifurcaciones, hojas y tallos de las plantas sumergidas, que pueden encontrarse, en casos extremos, cubiertas por materia orgánica que impide su crecimiento. (Baza 2009)

- Temperatura

La emisión solar no simplemente determina la calidad y cantidad de luz, afecta asimismo a la temperatura del agua. En las zonas templadas la temperatura varía extensamente con el cambio de estaciones, en las zonas tropicales permanece constante a lo largo del año, fría en las altas montañas y cálida a nivel del mar. (Roldan 2003)

A niveles bajo de temperatura retrasan la acción desnitrificante de las bacterias y por esta razón los nitratos no son destruidos tan rápidamente y, al permanecer en el agua, son utilizados por el fitoplancton para la producción de alimentos. (Moreta 2008)

La temperatura afecta las propiedades físicas y químicas del agua y tiene gran influencia sobre los organismos acuáticos, modificando sus hábitos alimenticios, reproductivos y sus tasas metabólicas. La temperatura es uno de los factores que determinan la cantidad de oxígeno que el agua puede mantener en disolución, como así también afecta la velocidad de reciclado de los nutrientes en un sistema acuático. (Diaz, A & Sotomayor 2013 cita a Watch, 2003)

- Conductividad

En los lagos de zonas templadas varía principalmente de acuerdo al tipo de lago (oligo o eutrófico) y en función de la profundidad, especialmente por los fenómenos de estratificación y circulación que se producen al ritmo de las estaciones. Resultados con valores bajos indican oligotrofia o baja producción, y valores por encima indican eutrofia o alta producción (Roldán, 2008)

Es el contenido de transmisión eléctrica del agua entre ambos polos, en caudales tiene relación con la apariencia de sales en solución, cuya separación genera iones positivos y negativos capaces de trasladar la energía eléctrica si se somete el líquido a un campo eléctrico. Se denominan electrolitos o conductores electrolíticos. (Moreta 2008)

Los Parámetros químicos del agua son:

- pH

El pH del agua mide su acidez, alcalinidad. El grado es de 14 unidades de pH. Las aguas que tienen un pH menor a 7 son ácidas y las mayores a 7 son básicas. Los lagos hipertróficos que son ricos en materia orgánica poseen valores de pH bajos (aguas ácidas) turbas, pantanos. (Moreta 2008)

El progreso superior de algas en los cuerpos de agua muestra un cambio de pH, la causa de incremento y propagación que estas realizan consumen dióxido de carbono, la reducción de este gas hace que aumente el pH y por lo que el agua tiende a ser básica. (Toapanta 2017 cita a Gómez, 2009)

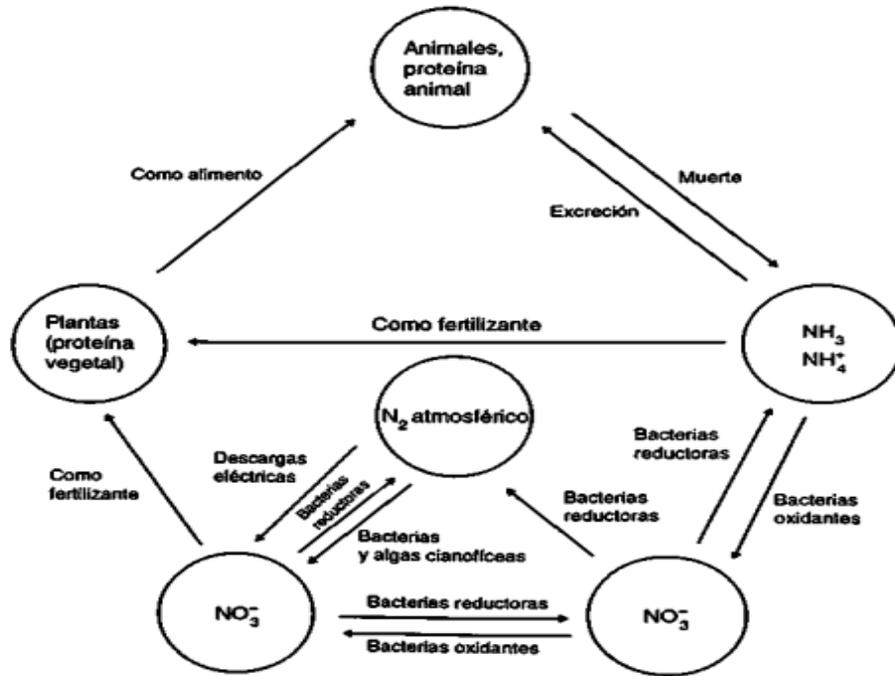
- Oxígeno disuelto

“La concentración de oxígeno disuelto en el agua de un lago depende de la temperatura del agua, que a su vez depende de la radiación solar y de la profundidad” (Moreta 2008)

La concentración de oxígeno disminuye acorde la temperatura se incrementa, por lo que puede esperarse que los valores de oxígeno sean altos en los meses fríos y bajos en los meses cálidos. La concentración de oxígeno disuelto en el agua disminuye correspondiente a la profundidad se incrementa, por lo que puede esperarse que los valores de oxígeno sean más altos en la superficie de un lago que en zonas profundas. (Díaz, A & Sotomayor 2013 cita a ;watch 2003)

#### **1.2.4. Ciclos**

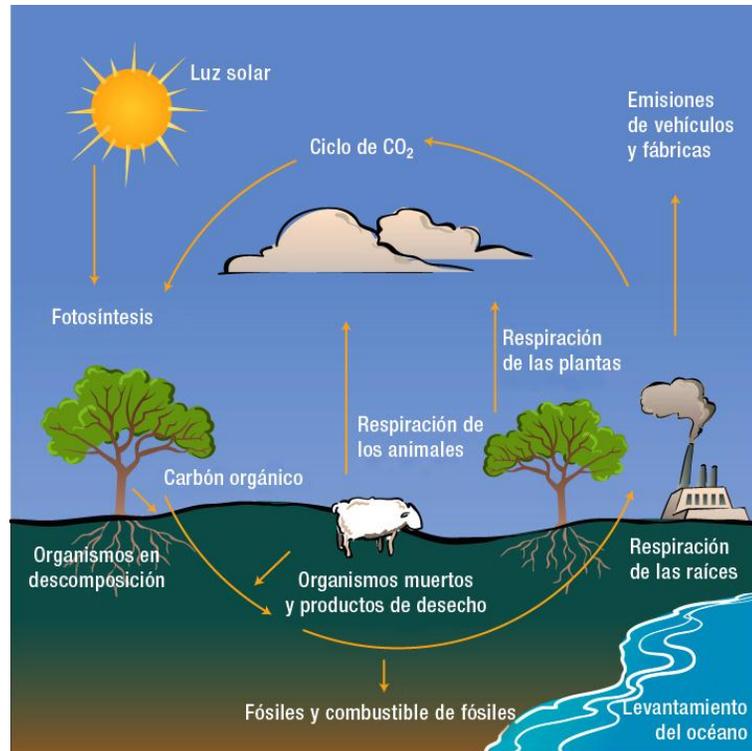
- Ciclo del nitrógeno



**Figura 1-1:** Ciclo del nitrógeno  
Fuente: (Roldán, y otros, 2008)

El origen esencial de nitrógeno para los seres vivos es la atmósfera, en el cual el nitrógeno elemental (N<sub>2</sub>) es removido constantemente por las descargas eléctricas y por la acción bacteriana y de ciertas algas. Durante las tormentas eléctricas, grandes cantidades de nitrógeno son oxidadas a N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, las cuales, al unirse con el agua, producen HNO<sub>3</sub>, arrastrado a la tierra por la lluvia. Al disociarse el HNO<sub>3</sub> en el agua produce NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (nitratos), que constituyen la forma química bajo la cual las algas y las plantas pueden incorporar nitrógeno en su citoplasma y utilizarlo para la síntesis de proteínas. El nitrógeno atmosférico también puede convertirse en proteínas por la acción de bacterias fijadoras de nitrógeno y ciertas algas (principalmente verde-azules). Además, el amoníaco suministra amonio a las algas y a las plantas para la producción de proteínas. (Roldan perez y Ramirez Restrepo 2008 pág. 242)

- **Ciclo del carbono**

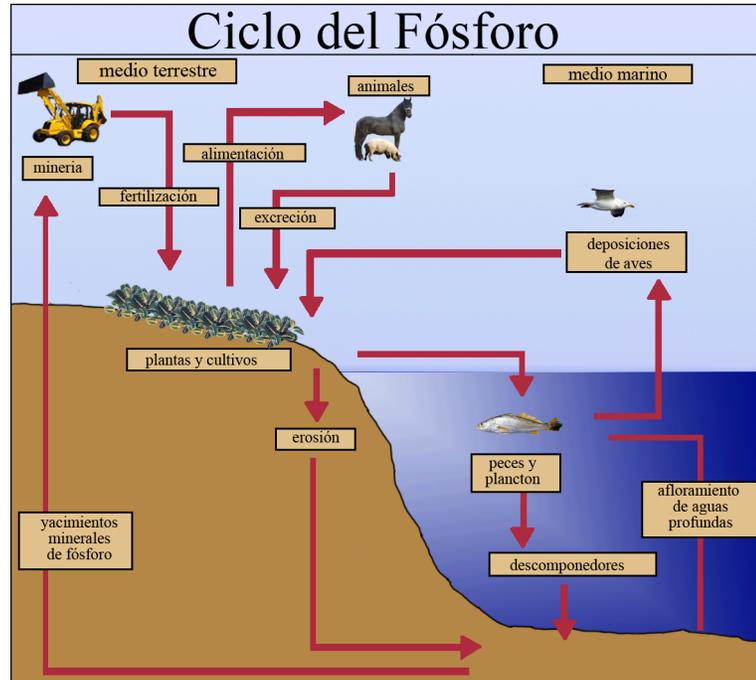


**Figura 2-1:** Ciclo del Carbono

Fuente: (González, 2014)

El carbono compone únicas moléculas orgánicas que constituyen a los seres vivos, se encuentra en la ambiente en forma de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), en la tierra y disperso en el agua. Mediante la fotosíntesis, las plantas transforman el CO<sub>2</sub> atmosférico, o del agua, en materia orgánica, de la que se alimentan los seres vivos a través de las cadenas alimentarias, en el que pasa a constituir parte del cuerpo de estos seres vivos. Luego el Carbono es devuelto al ambiente, mediante el proceso de respiración, los procesos de combustión, la descomposición. (González 2014)

- **Ciclo del fosforo**

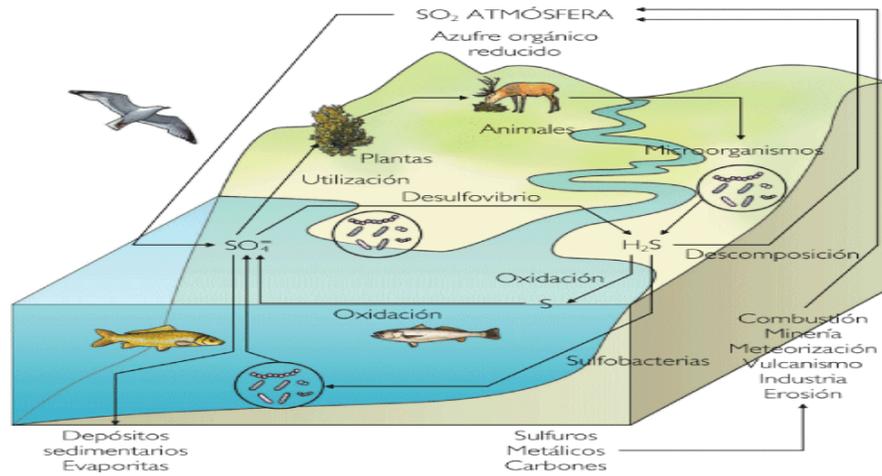


**Figura 3-1:** Ciclo del Nitrógeno

Fuente: <http://juliotovar.wixsite.com/ciclos/about>

El fósforo cumple un ciclo biogeoquímico en los sedimentos asimismo constituye 95% de las reservas, el fósforo es acumulado en los sedimentos de los sistemas acuíferos por intermedio de la lixiviación de materia orgánica igual que es asimilado por plantas acuáticas en forma de ortofosfatos (PO<sub>4</sub>), el fosforo en forma de compuestos inorgánicos asimilables se depositan en el fondo de los recursos hídricos que se acumulan en el fitoplancton, totoras y algas lo cual es consumido por la vida acuático de la laguna que por medio de las excretas el fosforo regresa al sistema acuático (Roldan, G & Ramirez 2008)

- **Ciclo del azufre**



**Figura 4-1:** Ciclo del Azufre

Fuente: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2009/05/26/118901>

El ciclo del S en el uso suelo-planta está dominado por procesos biológicos y físico-químicos, con activa intervención de la biota del suelo (Haneklaus et al., 2007). La fertilización con S ya sea en forma de  $\text{SO}_4^{2-}$  o como  $\text{S}^0$  representa el primero ingreso de S. También pueden ser importantes el riego y las capas freáticas. Las convenciones gaseosas de S es insuficiente significativas en áreas alejadas de centros urbanos, industriales o distantes del lago. Las pérdidas o salidas de S de los agro-ecosistemas corresponden a la sustracción por los productos cosechados, lixiviación y escurrimiento. La adsorción y las pérdidas gaseosas a partir la superficie del suelo, las plantas presentan menor relevancia (Haneklaus et al., 2000). Los bicíclon internos del S en suelos son la mineralización-inmovilización y la oxidación. (Torres 2009)

- **Nutrientes**

Los nutrientes son fundamentales para la buena marcha de la purificación en lagunas. El agua residual urbana posee un contenido en nutrientes conveniente para el progreso de los microorganismos responsables de la depuración sin que sea esencial concordar la concentración de ninguno de ellos.

- **Sulfatos**

Los sulfatos forman los aniones más importantes en el agua después de los carbonatos, se encuentran en aguas aeróbicas y de ese modo las algas lo pueden unir en su protoplasma. El azufre es primordial para la constitución de algunas proteínas, como cistina, cisteína y metionina.

Los sulfatos en las aguas naturales presentan valores a partir de 2 hasta 10 mgL<sup>-1</sup>. Algunas aguas, como las amazónicas, son muy pobres en sulfatos, 0,5 mgL<sup>-1</sup> (Klinge y Oble, 1964; Sioli, 1964). Ríos que nacen en las regiones volcánicas andinas pueden manifestar valores superiores a 50 mg/L<sup>-1</sup>. (Roldan, G & Ramirez 2008)

El ion sulfato es abundante en aguas naturales. Un amplio rango de concentraciones se encuentra vigente en aguas de las lluvias y su valor proporciona valiosa investigación respecto a la contaminación y a los fenómenos ambientales; adicionalmente, pueden contribuir datos acerca de la información de ácido sulfúrico derivado del dióxido de azufre presente en la atmósfera. (Arboleda 2000)

- **Nitratos**

Los nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) son compuestos solubles que contienen oxígeno y nitrógeno estos compuestos se derivan de los nitritos (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>). Su presencia se debe a la utilización excesiva de fertilizantes ricos en nitrógeno que a la vez son lixiviados a los sistemas acuíferos. También intervienen de abono de la flora acuática por lo tanto si estos nutrientes se acumulan y se concentra se va a producir un proceso de eutrofización debido a que el nitrógeno es considerado uno de los principales contaminantes de los sistemas acuíferos. El principal problema que causan estos compuestos nitrogenados a los sistemas acuíferos es decir a las lagunas, es la propagación de varias especies de plantas acuáticas como las algas, totoras y otras plantas verdes que recubren la superficie del agua, esto trae como consecuencia un consumo elevado de oxígeno y reduce el medio visible acuático. (Gonzales 2011)

- **Fosfatos**

La determinación de la concentración de fosfatos en los ecosistemas acuáticos es esencial para valorar el peligro de eutrofización. El fósforo, en ecosistemas como la Laguna, suele ser el principal agente limitante para el progreso del fitoplancton y un gran aumento de su concentración, puede estimular la eutrofización de sus aguas. Los fosfatos están directamente conectados con la eutrofización de ríos, pero fundamentalmente de lagos y embalses. En lo pertinente a las aguas de consumo humano, un elevado contenido de este elemento modifica sus características organolépticas. (Guillén 2015)

Actualmente es relativo hallar niveles de fósforo en las aguas superficiales y en algunas subterráneas, como resultado del gran uso de detergentes domésticos e industriales y abonos incorporados en su estructura. Una excesiva carga de fosfatos potencia la eutrofización de las aguas, problema frecuente en muchos embalses en la actualidad. La concentración de fosfatos en el agua potable para uso doméstico no debe sobrepasar los 0,31 mg/l en el peor de los casos, según la directiva de la Comunidad Europea. (Capó 2007)

- **Nitrógeno amoniacal**

El Nitrógeno amoniacal se presenta en forma natural en aguas superficiales y residuales. En acuíferos, su concentración es muy baja debido a que se adsorbe en las arcillas y que no es lixiviado de los suelos. El  $\text{NH}_4^+$  se produce por desaminación de compuestos orgánicos nitrogenados y por hidrólisis de la urea. (Jiménez 2001)

Los compuestos nitrógenos que se encuentran en el agua proceden de la descomposición de los restos de animales y plantas, tanto acuáticos como terrestres, que se incorporan a la masa acuática, donde son degradados por microorganismos. Hoy en día se utilizan gran cantidad de abonos nitrogenados, cuyos componentes son causantes del incremento del contenido de nitritos o radicales amonio en el agua, responsables conjuntamente con el fósforo de la eutrofización de lagos y embalses. El efecto más importante se realiza al pasar los compuestos nitrogenados utilizados por la agricultura a las aguas subterráneas, causando una contaminación de los acuíferos. (Capó 2007)

- **Fosforo Total**

La aportación de fósforo a los lagos aumenta por la eliminación de aguas residuales industriales y domésticas, excepto cuando se adoptan medidas para eliminar los residuos finales. La escorrentía superficial o subterránea de la cuenca de drenaje y los detergentes polifosfatados, asimismo contribuyen sustancialmente a este enriquecimiento. El fósforo dispara la productividad ocasionando la eutrofización. (Moreta 2008)

En los ecosistemas acuáticos alterados por descargas los niveles de fósforo se incrementan de modo alarmante la reproducción de cianofíceas, y micrófitos, aumentándose la zona litoral y soldándose el sedimento haciéndose cada vez menos profundos, estimulando rápida y progresivamente el proceso de eutrófico de un lago (Moreta 2008)

- **Carbono Orgánico Total**

El Carbono Orgánico Total consiente en medir el contenido total de carbono presente en el agua, ya sea como compuestos orgánicos fijos o volátiles, naturales o sintéticos, fundamentalmente indicado para bajas concentraciones de materia orgánica. El procedimiento se produce inyectando una dosis conocida de muestra, en un horno a alta temperatura o en un medio químicamente oxidante, con la ayuda de un catalizador, el carbono orgánico se oxida a anhídrido carbónico. En aguas residuales urbanas la concentración de COT puede fluctuar entre los 80-290 mg/L. (Metcalf & Eddy 1995)

- **Clorofila “a”**

Este pigmento es usado para calcular la potencialidad productiva del sistema, asimismo como un indicador de la eutrofización (Contreras, 1994 cita a Carlson, 1977), sin embargo no siempre mantiene correlación directa con la profundidad primaria, si indica la biomasa fitoplanctónica presente, la cual, en la medida en que se desenvuelva bajo condiciones adecuadas, se manifestara en la productividad.

El cálculo sistemática de la clorofila a se recomienda ampliamente como un índice confiado, para conocer el estado del ecosistema. (Sánchez 2007)

#### **1.2.5. Eutrofización.**

Es la adquisición de las aguas superficiales con nutrientes para las plantas. La eutrofización se produce en forma natural normalmente asociada a fuentes antropogénicas de nutrientes. El estado trófico de los lagos es un conocimiento primordial en la disposición de los mismos. Significa la correlación entre el estado de nutrientes en un estuario y el desarrollo de la materia orgánica en el mismo. Eutrofización es la transformación de un estado trófico a otro de nivel superior por adición de nutrientes. La agricultura es un factor principal de eutrofización de las aguas superficiales. (Ongley 1997)

- **Causas**

El factor más importante a tener en cuenta cuando se habla de eutrofización es la concentración de fósforo. El fósforo vigente en las aguas procedentes de distintas actividades urbanas, agrícolas e industriales, en particular las aguas residuales urbanas contienen fósforo que procede de los detergentes y jabones y de los residuos orgánicos que producen los habitantes de pueblos y ciudades, asimismo contiene fósforo los fertilizantes utilizados en la agricultura y los restos de los animales que viven o visitan las zonas húmedas, igualmente las aves, peces, invertebrados, las ovejas y las vacas que beben y pastan en ellas. Los hábitats hídricos se dividen en varias categorías que dependen de su nivel de eutrofización, de su cantidad de fósforo. (Cirujano, S. & Medina 2014)

- **Efectos**

En las aguas cargadas de nutrientes no puede reciclarse toda la materia orgánica que produce el ecosistema. El número de especies disminuyen. Las aguas están turbias por proliferación de algas

unicelulares. Las bacterias consumen todo el oxígeno al tratar de descomponer la materia orgánica, se producen malos olores (Cirujano, S. & Medina 2014)

#### ***1.2.6. Metodología de medición o determinación del Estado Trófico.***

Para la determinación del Estado Trófico se utilizó el Índice de estado Trófico propuesto por Carlson en 1977 para zonas templadas, para emplear este índice se necesita establecer los (TSI o IET) de los siguientes parámetros:

- **Disco Secchi**

El disco de secchi como medida de la biomasa algal, con escala de 0 a 100. Cuando existe un crecimiento de 10 unidades en la escala constituye el doble de la biomasa de algas, la clorofila “a” y el fósforo total son parámetros importantes en la etapa de la determinación del índice al igual que la claridad del agua (disco secchi). (Pilco 2017 cita a Ortiz, 2011)

- **Fosforo total**

La determinación de la concentración de fosfatos en los ecosistemas acuáticos es esencial para valorar el peligro de eutrofización. El fosforo, en ecosistemas como lagos, son limitantes para el crecimiento del fitoplancton y un gran aumento de concentraciones, puede inducir la eutrofización de sus aguas. Los fosfatos están directamente conectados con la eutrofización de ríos, pero fundamentalmente de lagos y embalses.(Guillén 2015)

Las aguas más limpias y con menor contenido de fosforo se denominan oligótrofas y las más polucionadas y con mayor contenido de fosforo hipereútrofas. (Cirujano, S. & Medina 2014)

- **Clorofila “a”**

Clorofila “a” es el pigmento verde que es responsable de la capacidad de la planta para convertir la luz solar en la energía química necesaria para fijar CO<sub>2</sub> en hidratos de carbono. ( Water on the web, 2011citado en Diaz, A & Sotomayor 2013 )

La clorofila a es la que mide la eutrofización del agua, mediante la presencia de clorofila (algas), cuanto más alto, mayor cantidad de algas. (IICA 2000)

Es un elemento eficiente de los sistemas acuáticos; su presencia en concentraciones variables afecta a la absorción de agua y dispersión de coeficientes y, en consecuencia, la profundidad de la zona eutrófica. El resultado modifica a lo amplio del espectro electromagnético y puede hacer cambios en las propiedades de reflectancia espectral del agua. (Morales, 2013 citado en Espinel 2018)

Las ecuaciones planteadas por Carlson 1977 para los parámetros son las siguientes:

Transparencia del Agua Disco Secchi (Ds) (m):

$$\mathbf{TSI}_{Ds}: 60 - 14,41 \text{ Ln (Ds)}$$

Fosforo total (Pt) (mg/l)

$$\mathbf{TSI}_{Pt}: 14,42 \text{ Ln (Pt)} + 4,15$$

Clorofila a (Clorf a) (mg/m<sup>3</sup>):

$$\mathbf{TSI}_{Clorf\ a}: 9,81 \text{ Ln (Clorf a)} + 30,6$$

Índice de estado trófico total

$$\mathbf{TSI\ TOTAL} = \frac{\mathbf{TSI\ Ds} + \mathbf{TSI\ Clorf\ a} + \mathbf{TSI\ Pt}}{3}$$

Al obtener los resultados, fueron comparados en la siguiente tabla:

**Tabla 1-1:** Escala de valores de estado trófico según Carlson 1997

<b>Estado de Eutrofia</b>	<b>TSI</b>	<b>Ds(m)</b>	<b>Pt(mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Clorf a (mg/ m<sup>3</sup>)</b>
Oligotrófico (TSI<30)	0	64	0.75	0.04
	10	32	1.5	0.12
	20	16	3	0.34
	30	8	6	0.94
Mesotrófico (30<TSI<60)	40	4	12	2.6
	50	2	24	6.4
	60	1	48	20
Eutrófico (60<TSI<90)	70	0.5	96	56
	80	0.25	192	154
	90	0.12	384	427
Hipertrófico (90<TSI<100)	100	0.06	768	1183

**Fuente:** (Carlson, 1997)

## CAPÍTULO II

### **2. METODOLOGÍA**

#### **2.1. Tipo.**

El tipo de investigación es descriptiva ya que permite examinar fenómenos que se muestran en el lago en la estación de verano, se recogen datos para evidenciar y crear las medidas de solución a la problemática identificada. Correlacional ya que mide el grado de relación entre variables de la laguna. Explicativa porque se analizara la correlación entre variables. Aplicativa pues procura solucionar un problema actual de beneficio

##### ***2.1.1. Diseño de la Investigación***

El diseño de la investigación realizada es Cuasi Experimental pues manipula estadísticamente las variables para relacionarlas con los datos obtenidos.

#### **2.2. Área de estudio.**

La investigación se realizó en la parroquia el Rosario, Cantón Guano, Provincia de Chimborazo, en la laguna Valle Hermoso se encuentra a 200 m de la vía Riobamba Guano, tiene un tamaño, de 200 metros de ancho por 300 metros de largo, su profundidad no se conoce, el clima es frío seco nublado, su temperatura es de 16 y 18 grados centígrados.

**Fotografía 1-2:** Laguna Valle Hermoso



**Realizado por:** Vanesa Romero

### **2.2.1. Puntos de monitoreo**

Los puntos de monitoreo se representan a continuación:



**Figura 5-2:** Puntos de monitoreo

**Fuente:** Adaptación Google earth, 2016

**Tabla. 2-2.** Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo

<b>Puntos</b>	<b>Coordenadas</b>
Punto 1	763332E 982094 N
Punto 2	763255 E 982096 N
Punto 3	763280 E 982090 N
Punto 4	763203 E 982092 N
Punto 5	763163 E 982098 N

**Realizado por:** Vanesa Romero

### 2.3. Muestreo.

Para situar los puntos de muestreo se realizó una reconocimiento de la laguna Valle Hermoso, se seleccionó cinco puntos para el muestreo los cuales fueron referenciados con el GPS marca Garmin modelo Etrex 20, los datos obtenidos se anotaron en una tabla de campo. Se eligieron 5 estaciones de forma criterial y sistemática distribuido en las 5 hectáreas de la laguna valle hermoso, se realizó un muestreo compuesto, a dos profundidades (superficial, y un metro), en las que se recolectó un volumen parcial de agua con la ayuda del muestreador Van Dorn, con un volumen de 2 litros y cierre mecánico, marca Wildco Instruments, modelo: 3-1120-G45.



**Figura 6-2:** Muestreador Van Dorn

### **2.3.1. Recolección de muestras y mediciones “in situ”**

En las campañas de monitoreo se recolectaron las muestras de cinco puntos con dos repeticiones, el muestreo se llevó a cabo aplicando las normas Manejo y conservación de muestras (NTE INEN 2176 2013) y Técnicas de muestreo (NTE INEN 2169 2013) el cual se describe a continuación:

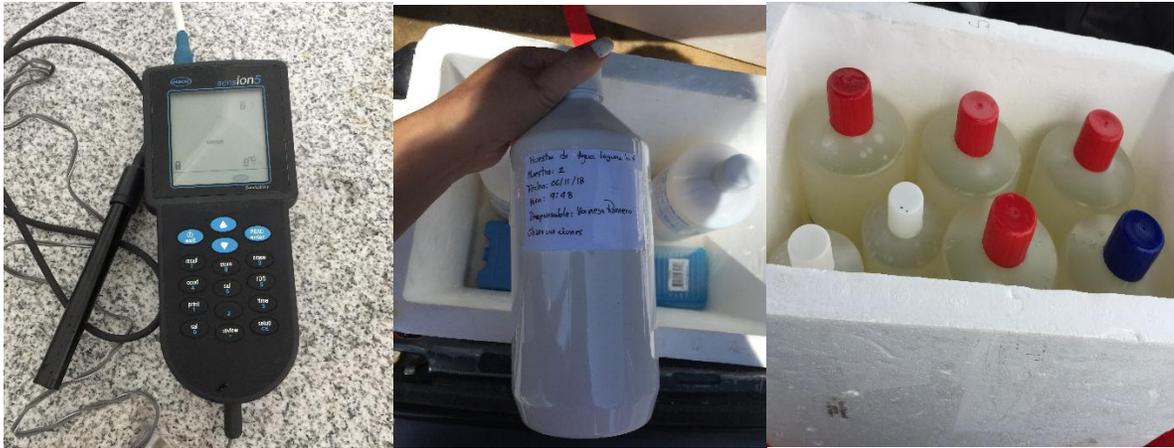
Se registra la ubicación exacta del punto de muestreo por medio del GPS y otros datos en la ficha de campo, las botellas previamente preparadas, se enjuagaron tres veces con el agua de la laguna, para evitar contaminar de la muestra con otras sustancias, se acopió la muestra en las distintas profundidades (superficial, y un metro) con la ayuda del muestreador Van Dorn, se almacenó la muestra en los recipientes y se ubicaron el cooler para su preservación a una temperatura de 4 °C.

Los parámetros fisicoquímicos que se midieron “in situ” fueron: pH, temperatura, conductividad y oxígeno disuelto utilizando el medidor multiparámetro HACH sensION5 digital portátil. La medición “in situ” se llevó a cabo por medio del siguiente procedimiento:

Antes de medir los parámetros se procedió a lavar las sondas con agua, al medir los parámetros de pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad se colocó la muestra a analizar en un vaso plástico de 25 ml, los datos obtenidos de cada una de las mediciones de los diferentes puntos se anotaron en una hoja de registro.

**Fotografía 2-2:** Recolección de muestras





Realizado por: Vanesa Romero

- **Traspirencia**

En cuanto a la transparencia se utilizó el disco secchi con un diámetro de 30 cm, el cual se sumergió el disco desde el bote hasta que no se pueda observar y se anotó la medida de la profundidad.

**Fotografía 3-2:** Traspirencia



Realizado por: Vanesa Romero

**Tabla 3-3:** Métodos utilizados parámetros

<b>Parámetro</b>	<b>Método</b>
Temperatura	Medidor de agua PCE-PHD 1
pH	Medidor de agua PCE-PHD 1
Conductividad	Medidor de agua PCE-PHD 1
Oxígeno disuelto	Medidor de agua PCE-PHD 1
Traspirencia.	Disco Secchi

**Realizado por:** Vanesa Romero

## **2.4. Análisis de Laboratorio.**

Las muestras obtenidas de los distintos puntos de monitoreo se las analizó en los laboratorios de la ESPOCH, Servicios Ambientales de la UNACH y CESTTA.

### **2.4.1. Nutrientes.**

- **Nitritos**
- 

Para la determinación de nitrito se eligió el programa predeterminado en el espectrofotómetro para el análisis de nitritos.

Una vez seleccionado se colocó un sobre de reactivo en 10 mL de muestra en la celda del espectrofotómetro, se cubrió la celda con parafilm y se agitó, se dejó reaccionar durante un lapso de 20 minutos como marca el temporizador, se preparó un blanco de 10 mL en una celda del espectrofotómetro, luego se encoró con el blanco el espectrofotómetro, se colocó la muestra con el reactivo en el espectrofotómetro y finalmente se midió la concentración. (APHA 1992)

- **Nitratos**

Para la determinación de nitratos, se programó el espectrofotómetro para el análisis de nitratos

Se procedió a colocar un sobre de reactivo correspondiente en 10 mL de muestra en la celda del espectrofotómetro, se cubrió con parafilm la celda y agitar, se dejó reaccionar durante un lapso de 5 minutos como marca el temporizador del equipo, se preparó un blanco de 10 mL en una celda del espectrofotómetro, posteriormente se enceró con el blanco el espectrofotómetro, se colocó la muestra con el reactivo en el espectrofotómetro y luego se midió la concentración. (APHA 1992)

- **Nitrógeno amoniacal**

Se eligió el programa predeterminado de Nitrógeno Amoniacal en el espectrofotómetro para el análisis.

Se colocó en un matraz 25 mL de agua destilada que servirá como blanco, se colocó en un matraz 25 mL de muestra de agua de la Laguna, luego se procedió a colocar 3 gotas de mineral estabilizador, 3 gotas de alcohol y 1 mL de reactivo de Nessler , en el blanco y en la muestra, se agitó los matraces y se dejó reaccionar durante 1 minuto, luego se puso 10 mL de la muestra de agua con el reactivo en una celda del espectrofotómetro y en otro 10 mL de blanco, se enceró con el blanco el espectrofotómetro, se colocó la muestra con el reactivo en el espectrofotómetro, se determinó la concentración. (APHA 1992)

- **Sulfatos**

Para la determinación de sulfatos:

Se eligió el programa predeterminado de Sulfatos en el espectrofotómetro para el análisis.

Se colocó un sobre de reactivo de sulfatos en 10 mL de muestra de agua en la celda del espectrofotómetro, se cubrió la celda con parafilm y se agitó, se dejó reaccionar por 2 minutos como

marca el temporizador del equipo, se colocó 10 mL de la muestra de agua de la laguna en una celda del espectrofotómetro que servirá como blanco, se encendió con el blanco el espectrofotómetro, se colocó la muestra con el reactivo en el espectrofotómetro y finalmente se midió la concentración. (APHA 1992)

- **Fosfatos**

Para la determinación de fosfatos:

Se eligió el programa predeterminado en el espectrofotómetro para el análisis de fosfatos, se colocó un sobre de reactivo de fosfatos en 10 mL de muestra en la celda del espectrofotómetro, se cubrió la celda con parafilm y se agitó, se presionó el temporizador y se esperó durante un tiempo de 2 minutos para que reaccione el reactivo, se colocó 10 mL de la muestra de agua de la laguna en una celda del espectrofotómetro que servirá como blanco, se encendió con el blanco el espectrofotómetro, se colocó la muestra con el reactivo en el espectrofotómetro, por último se midió la concentración. (APHA 1992)

- **Fósforo total**

Para la determinación de fósforo total:

Se eligió el programa almacenado para el método de fósforo reactivo, ácido ascórbico, luego se giró el dial de longitud de onda hasta que la pequeña pantalla muestre 890 nm, cuando se marque la longitud de onda correcta, la pantalla mostrará rápidamente la muestra cero, se insertó un tubo ascendente de 10 ml en el compartimento de la celda, se llenó una celda de muestra de 10 ml con 10 ml de muestra blanco, se añadió un sobre de reactivo correspondiente (fosforo reactivo) en una muestra de 10 mL en la celda del espectrofotómetro, luego se agitó durante 15 segundos, se presionó el temporizador y esperar dos minutos, para que se realice la reacción, se llenó una segunda celda con 10 mL de muestra preparada con anterioridad que servirá como blanco. Cuando el temporizador termine el tiempo, la pantalla mostrará mg/L P, y se colocó el blanco en el soporte de la celda y encerrar y finalmente se colocó la celda con el reactivo y se midió la concentración. (APHA 1992)

- **Carbono Orgánico Total**

Para la medición del COT se utilizó espectrofotométrica, bajo las condiciones del ensayo el carbono orgánico se transforma en CO<sub>2</sub> mediante la digestión con persulfato, se fija la temperatura del reactor de DQO, entre 103-105°C, con una pipeta automática se tomaron 5 mL de muestra, los cuales fueron vertidos a un vaso de precipitado de 20 mL que contenía una barra agitadora, luego se agregaron 0,2 mL de solución buffer a pH 2,0, y se mide el pH de la solución con papel pH, se colocó el vaso de precipitado sobre una placa agitadora a baja velocidad durante 10 minutos, se etiquetaron dos viales de digestión ácida de rango alto, uno como muestra y el otro como blanco, Utilizando un embudo, se adicionó el contenido de un sobre de persulfato a cada vial de digestión ácida, se añadió 0,3 mL de agua libre de COT al vial etiquetado como blanco, y 0,3 mL de muestra preparada, al vial de muestra. Para posteriormente agitar hasta homogenización, se enjuagaron dos ampollas azul indicadora con agua desionizada, y se limpió con un paño suave. En este punto, fue importante evitar tocar las ampollas después de limpiar, para lo cual las ampollas fueron manipuladas desde la parte superior.

Se colocó una ampolla cerrada en cada vial de ácido digestión. Quebrando la parte superior de la ampolla, luego cada vial fue cerrado herméticamente, y se colocaron a incubar en el reactor de DQO durante 2 horas, a 103-105°C, transcurrido este tiempo se retiran los viales del digestor, se enfrían a temperatura ambiente y se procede a leer en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 436 nm. (APHA 1992)

**Tabla 4-2:** Métodos utilizados para los nutrientes.

<b>Parámetro</b>	<b>Método</b>
Nitritos	Stándar Méthods - 4500 NO <sub>2</sub> - B mod
Nitratos	Stándar Méthods - 4500 NO <sub>3</sub> - E mod
Sulfatos	Stándar Méthods - 4500 SO <sub>4</sub> - E mod
Fosfatos	Stándar Méthods - 4500 P – E
Nitrógeno Amoniacal	Nessler
Fosforo total	Stándar Méthods - 4500 P - E mod
Carbono Orgánico Total	Espectrofotométrico

**Realizado por:** Vanesa Romero

- **Clorofila “a”**

Para la determinación de clorofila se utilizó el Método Tricromático, se filtraron 250 mL de cada muestra, a través de filtros de fibra de vidrio (Whatman grado GF/F, tamaño de poro de 0,7 μm), una bomba al vacío y embudo de cristal. Antes de realizar la filtración se cubre con papel aluminio los equipos y materiales, después de la filtración se procedió a colocar la membrana en un tubo de ensayo y se añadió 5 mL de acetona al 90 %, se cierra el tubo con una tapa rosca, se tomó el filtro con mucho cuidado, utilizando pinzas se dobló y se colocó en un tubo de ensayo con tapa/rosca, se procedió a cubrir con papel aluminio con la finalidad de que no este contacto con la luz, se guardó el tubo con el extracto en el congelador en un lapso de 24 horas a 4 °C y en oscuridad, luego de cumplirse las 24 horas, con una pipeta se extrajo la acetona del tubo, y se colocó en un tubo limpio el cual se centrifugó por 15 minutos a 3000 RPM.

Se procedió a extraer del tubo entre 1–5 mL, se enceró el espectrofotómetro con agua destilada, se colocó la muestra en la celda del espectrofotómetro, se determinó las absorbancias a las longitudes de onda de 664 nm, 647 nm. Y 630 nm y una cuarta de 750 nm que se utiliza como corrección de la turbidez, y se substituyó en las siguientes formulas propuestas por Jeffrey & Humphrey (1975) para la determinación de la concentración de clorofila:

$$Cl a \text{ (mg /m3)} = \frac{Ve * [(11,85 * (A664 - A750)) - (1,54 * (A647 - A750)) - (0,08 * ((A630 - A750)))]}{Vf * L}$$

$$Cl b \text{ (mg /m3)} = \frac{Ve * [(21,03 * (A647 - A750)) - (5,43 * (A664 - A750)) - (2,66 * ((A630 - A750)))]}{Vf * L}$$

$$Cl c \text{ (mg /m3)} = Ve * \frac{[(24,52 * (A630 - A750)) - (1,67 * (A664 - A750)) - (7,67 * ((A647 - A750)))]}{Vf * L}$$

**Donde:**

A664: Absorbancia a 664 nm

A647: Absorbancia a 647 nm

A630: Absorbancia a 630 nm

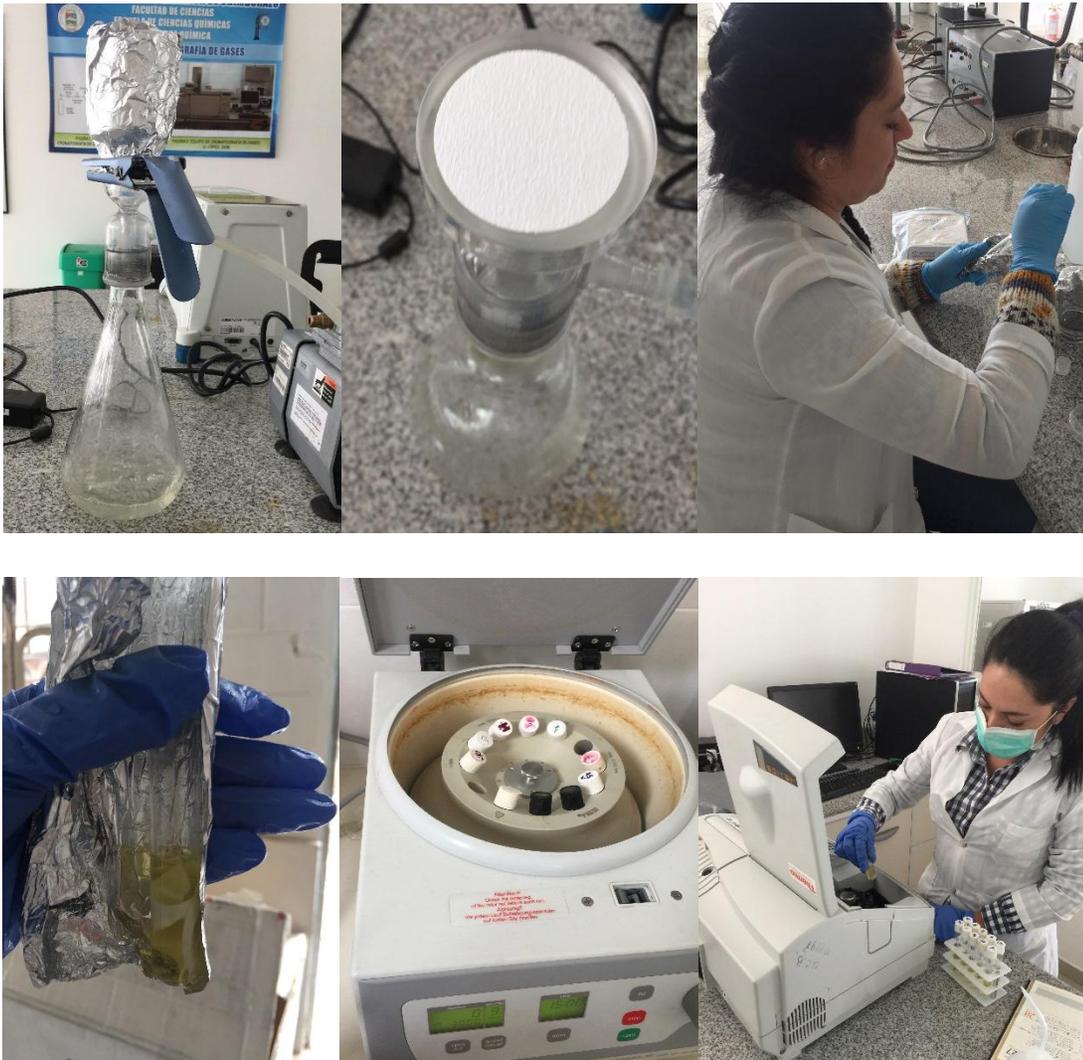
A750: Absorbancia a 750 nm

Vf: Volumen de Agua Filtrada (L)

Ve: Volumen de extracto de Acetona (ml)

L: Longitud de celda (cm)

**Fotografía 2-2:** Determinación de clorofila



**Realizado por :** Vanesa Romero

## **2.5. Evaluación de Índice del Estado Trófico.**

Para la determinación del Estado Trófico de la laguna se utilizó el Índice de estado Trófico propuesto por Carlson en 1977 que es específico para las zonas templadas, para aplicar este índice se necesita determinar los (TSI o IET) de los siguientes parámetros: transparencia secchi, clorofila “a” y fosforo total.

### ***2.5.1. Índice de estado trófico para transparencia secchi***

Se determinó a partir del promedio de los datos generados en el parámetro de transparencia Secchi, una vez que se realizó y registro la observación in situ en la laguna, en cada uno de los puntos en los que se muestreo y posteriormente empleando la siguiente ecuación:

Transparencia del agua disco secchi (Ds) (m):

$$\mathbf{TSI\ DS = 60 - 14,41\ Ln(Ds)}$$

### ***2.5.2. Índice de estado trófico para clorofila “a”***

Se estableció a partir de la media de los datos creados en el parámetro Clorofila “a”, una vez que se realizó los análisis correspondientes en el laboratorio con cada una de las muestras obtenidas de cada punto de monitoreo y posteriormente aplicando la siguiente ecuación:

Clorofila a (Clorf a) (mg/m<sup>3</sup>):

$$\mathbf{TSI\ Clorf\ a = 9,81\ Ln\ (Clorf\ a) + 30,6}$$

### **2.5.3. Índice de estado trófico para fósforo total**

Se determinó a partir del promedio de los datos obtenidos en el laboratorio, una vez realizado los análisis correspondientes para cada una de las muestras obtenidas de cada punto de monitoreo, antes hay que realizar la conversión de los resultados que están en mg/L a mg/ m3 para poder aplicar la siguiente ecuación:

Fósforo Total (Pt) (mg/m3):

$$TSI Pt = 14,42 Ln(Pt) + 4,15$$

### **2.5.4. Índice de Estado Trófico Total**

Para poder obtener el valor del índice de estado trófico de la Laguna Valle Hermoso se obtuvo el valor promedio de los índices ya determinados de Transparencia Secchi, Clorofila “a”, y Fosforo Total para cada mes y para todo el periodo de análisis aplicando la siguiente ecuación:

$$TSI TOTAL = \frac{(TSI DS + TSI Clorf a + TSI Pt)}{3}$$

**Tabla 5-2:** Escala de Valores de Estado Trófico según Carlson 1977

<b>Estado de Eutrofia</b>	<b>TSI</b>	<b>Ds(m)</b>	<b>Pt(mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Clorf a (mg/ m<sup>3</sup>)</b>
Oligotrófico (TSI<30)	0	64	0.75	0.04
	10	32	1.5	0.12
	20	16	3	0.34
	30	8	6	0.94
Mesotrófico (30<TSI<60)	40	4	12	2.6
	50	2	24	6.4
	60	1	48	20
Eutrófico (60<TSI<90)	70	0.5	96	56
	80	0.25	192	154
	90	0.12	384	427
Hipertrófico (90<TSI<100)	100	0.06	768	1183

Fuente: (Carlson, 1977)

## 2.6. Análisis estadístico

Para cada parámetro fisicoquímico y nutriente se calculó el promedio por cada punto de muestreo, la media, la desviación estándar con esta medida se determinó la variabilidad entre los datos, se representaron en tablas y gráficas respectivamente.

Para la tabulación de las variables fueron determinados mediante análisis de varianza. Los parámetros fueron examinados con análisis de componentes principales (APC) para representar las variables no correlacionadas en términos de un nuevo conjunto de variables no correlacionadas, estas son compuestas linealmente de las variables originales, las nuevas variables se llaman componentes principales (CPs). Las primeras CPs, explican la mayoría de la varianza total de las variables originales.

El análisis de componentes principales consiente en representar el conjunto de datos de una manera fácil de interpretar y fue aplicado a los valores medios de las tres repeticiones de cada muestra. El

análisis de los datos se realizó después de aplicar la rotación normalizada Varimax al sistema coordinado de las CPs. Los análisis estadísticos fueron realizados con el software estadístico SPSS.

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Parámetros In situ

Se indica los resultados del monitoreo realizado en los meses de estiaje de junio a septiembre de los parámetros físico químicos tomados in situ; calculando los promedios de cada mes, la media y la desviación estándar. En los gráficos encontramos los límites superior e inferior con respecto a la media.

**Tabla 6-3:** Temperatura

<b>Resultados de Temperatura (°C)</b>					
<b>MONITOREO/ MES</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Promedio T</b>
<b>Punto 1</b>	19,7	19,15	17,2	18,7	18,6
<b>Punto 2</b>	19,6	18,95	17,35	18,85	18,6
<b>Punto 3</b>	18,4	18,55	17,45	18,9	18,3
<b>Punto 4</b>	18,1	18,6	17,65	19	18,3
<b>Punto 5</b>	18,0	18,45	17,75	18,95	18,3
<b>Media</b>					18,4
<b>Desviación Estándar</b>					0,15

Realizado por: Vanesa Romero

En la tabla, se muestran los datos obtenidos de temperatura de cada punto de muestreo, el valor de la media siendo 18,4, se calculó para obtener la desviación estándar 0,15.

**Gráfico 1-3: Temperatura**



Realizado por: Vanesa Romero

En el gráfico 1-3, se representan los valores de la temperatura un valor alto de 18,6 y un valor bajo de 18,3, donde se observa que no existe una variación importante entre los valores ya que se encuentran dentro de los rangos.

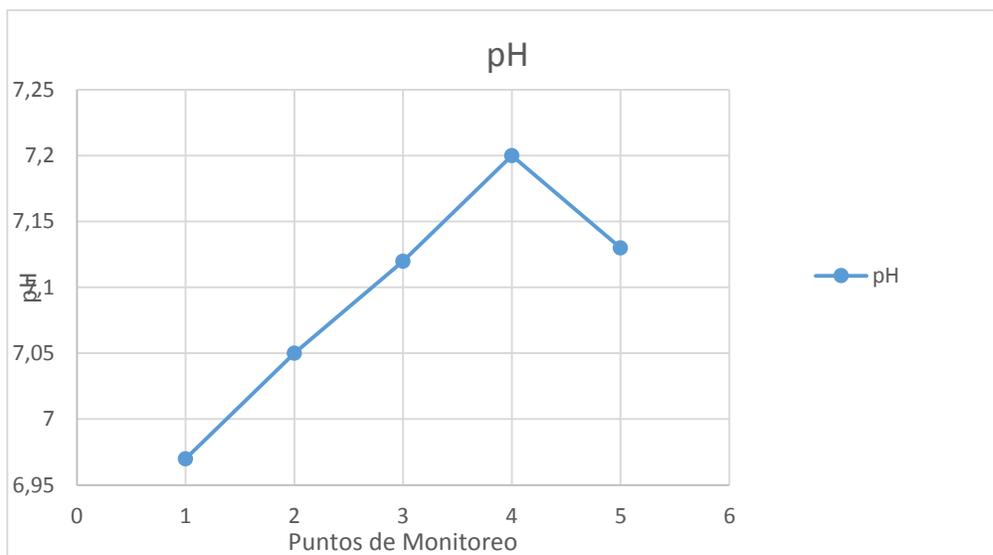
**Tabla 7-3: pH**

<b>Resultados de pH</b>					
<b>MONITOREO/ MES</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Promedio T</b>
<b>Punto 1</b>	6,78	6,995	6,7	7,42	6,97
<b>Punto 2</b>	6,9	7,06	6,745	7,53	7,05
<b>Punto 3</b>	7	6,955	6,83	7,7	7,12
<b>Punto 4</b>	6,8	7,305	6,94	7,765	7,20
<b>Punto 5</b>	6,995	6,955	6,935	7,635	7,12
<b>Media</b>					7,09
<b>Desviación estándar</b>					0,07

Realizado por: Vanesa Romero

Se observa los valores obtenidos del pH siendo sus valores respectivamente son 6,97 y 7,20, donde se observa que no existe una variación importante entre los valores ya que se encuentran dentro de los rangos de desviación

**Gráfico 2-3: pH**



Realizado por: Vanesa Romero

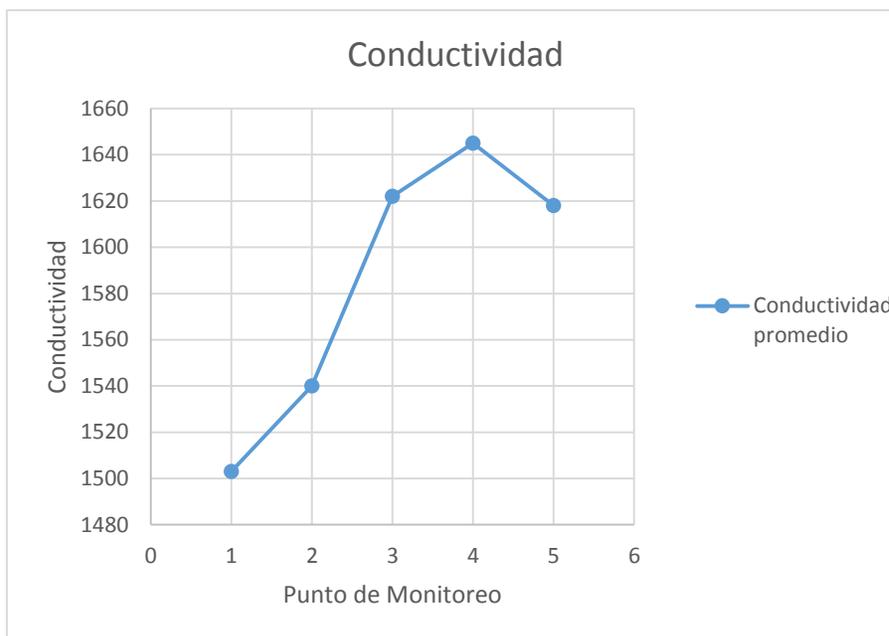
**Tabla 8-3: Conductividad.**

<b>Resultados de Conductividad.</b>					
<b>MONITOREO/ MES</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Promedio T</b>
<b>Punto 1</b>	1530	1123	1663	1699	1503
<b>Punto 2</b>	1565	1256	1644	1695	1540
<b>Punto 3</b>	1527	1618	1649	1697	1622
<b>Punto 4</b>	1624	1637,	1621	1699,5	1645
<b>Punto 5</b>	1521	1605	1647,5	1702	1618
<b>MEDIA</b>					1586
<b>DESVIACION ESTANDAR</b>					54,41

Realizado por: Vanesa Romero

Se observa los valores obtenidos de la conductividad siendo de 1503 y 1645, donde se observa que no existe una variación importante entre los valores ya que se encuentran dentro de los rangos de desviación

**Gráfico 3-3: Conductividad**



Realizado por: Vanesa Romero

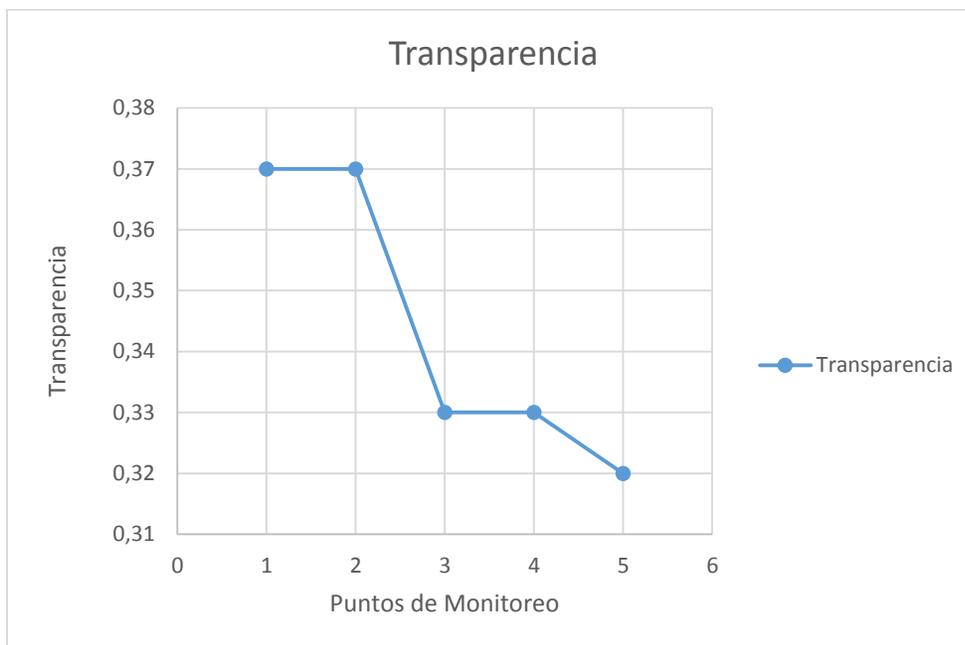
**Tabla 9-3: Transparencia.**

<b>Resultados de transparencia (m)</b>					
<b>MONITOREO/ MES</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Promedio T</b>
<b>Punto 1</b>	0,4	0,39	0,39	0,3	0,37
<b>Punto 2</b>	0,35	0,4	0,39	0,35	0,37
<b>Punto 3</b>	0,3	0,35	0,38	0,3	0,33
<b>Punto 4</b>	0,3	0,38	0,35	0,3	0,33
<b>Punto 5</b>	0,3	0,35	0,35	0,3	0,32
<b>media</b>					0,34
<b>desviación estándar</b>					0,02

Realizado por: Vanesa Romero

Los valores obtenidos de transparencia son de 0,37 y 0,32, donde se observa que no existe una variación importante entre los valores ya que se encuentran dentro de los rangos de desviación

**Gráfico 4-3:** Transparencia Secchi



Realizado por: Vanesa Romero

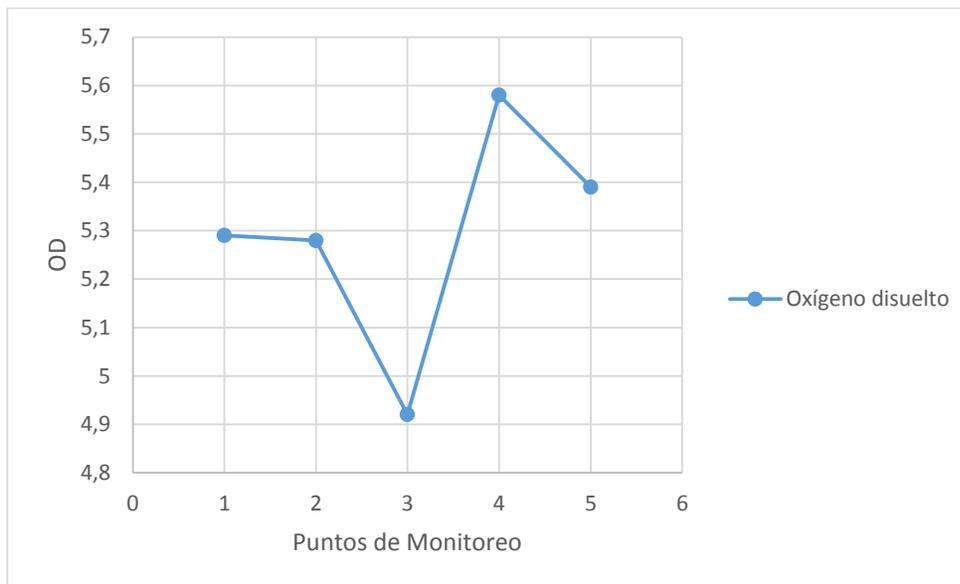
**Tabla 10-3:** Oxígeno Disuelto

<b>Resultados de Oxígeno Disuelto (mg O<sub>2</sub>/l)</b>					
<b>MONITOREO/ MES</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Promedio T</b>
<b>Punto 1</b>	3,8	5,61	5,51	6,24	5,29
<b>Punto 2</b>	3,52	5,54	5,82	6,25	5,28
<b>Punto 3</b>	3,04	4,91	5,47	6,26	4,92
<b>Punto 4</b>	4,85	5,63	5,54	6,31	5,58
<b>Punto 5</b>	4,04	5,59	5,65	6,28	5,39
<b>Media</b>					5,29
<b>Desviación Estándar</b>					0,21

Realizado por: Vanesa Romero

Los valores obtenidos en de oxígeno disuelto son 5,58 y 4,92, donde se observa que no existe una variación importante entre los valores ya que se encuentran dentro de los rangos de desviación

**Gráfico 5-3: Oxígeno Disuelto**



Realizado por: Vanesa Romero

### 3.2. Nutrientes

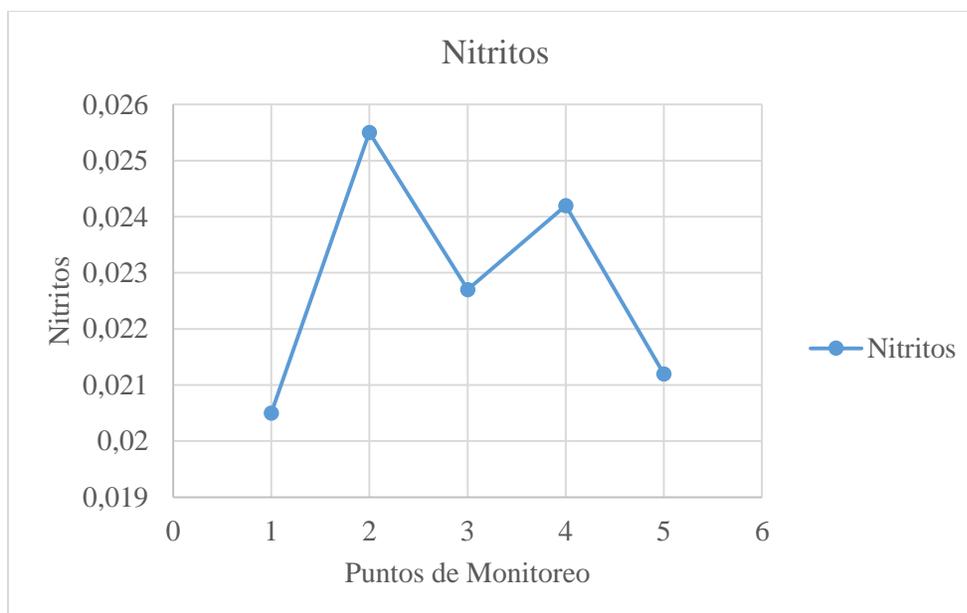
**Tabla 11-3: Nitritos**

<b>Resultados de Nitritos (mg/L)</b>					
<b>MONITOREO/ MES</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Promedio T</b>
<b>Punto 1</b>	0,017	0,029	0,015	0,021	0,0205
<b>Punto 2</b>	0,031	0,022	0,02	0,029	0,0255
<b>Punto 3</b>	0,024	0,03	0,014	0,023	0,0227
<b>Punto 4</b>	0,045	0,023	0,012	0,017	0,0242
<b>Punto 5</b>	0,025	0,029	0,012	0,019	0,0212
<b>Media</b>					0,02282
<b>Desviación Estándar</b>					0,00184

Realizado por: Vanesa Romero

Sus valores superior e inferior, cuyos valores respectivamente son 0,0255 y 0,0205, donde se observa que no existe una variación importante entre los valores ya que se encuentran dentro de los rangos de desviación

**Gráfico 6-3:** Nitritos



Realizado por: Vanesa Romero

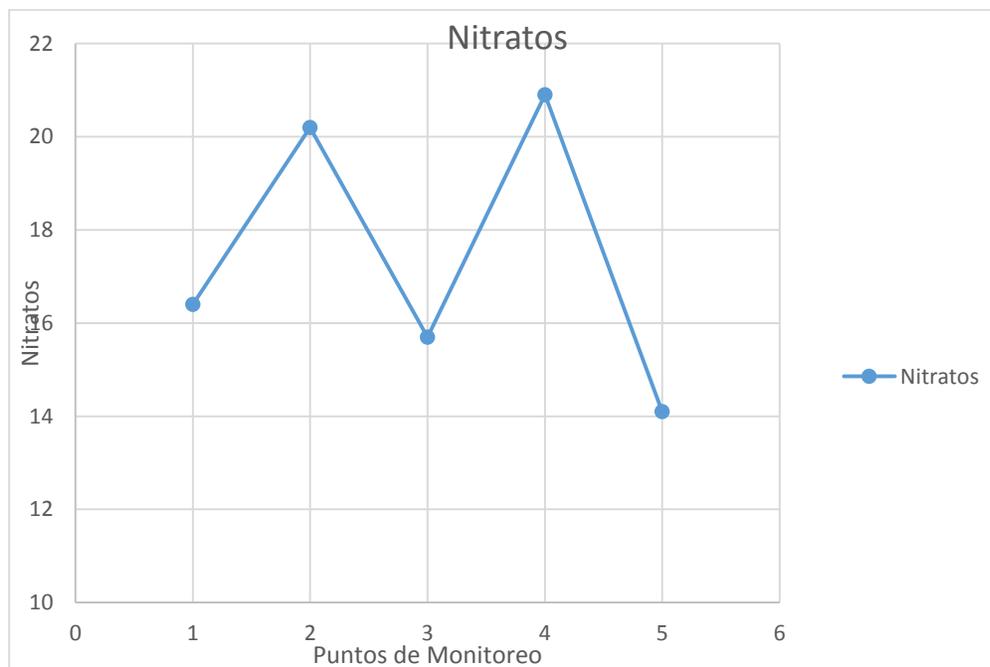
**Tabla 12-3:** Nitratos

Resultados de Nitratos (mg/L)					
MONITOREO/ MES	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Promedio T
Punto 1	14,2	21,1	14,5	16,1	16,4
Punto 2	24,9	12,3	22,4	21,2	20,2
Punto 3	16	23,8	10,9	12,4	15,7
Punto 4	20	24,8	20,6	18,5	20,9
Punto 5	21,7	13,6	9,8	11,3	14,1
Media					17,46
Desviación estándar					2,64

Realizado por: Vanesa Romero

Sus valores superior e inferior, respectivamente son 20,9 y 14,1, donde se observa que no existe una variación importante entre los valores ya que se encuentran dentro de los rangos de desviación

**Gráfico 7-3: Nitratos**



Realizado por: Vanesa Romero

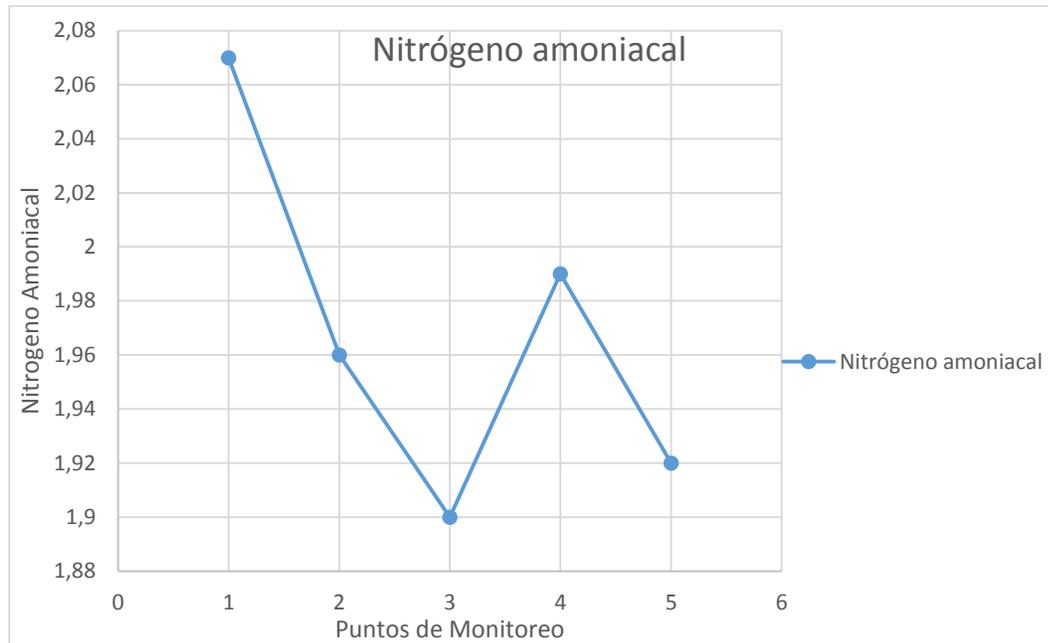
**Tabla 13-3: Nitrógeno amoniacal**

<b>Resultados de Nitrógeno Amoniacal (mg/l)</b>					
<b>MONITOREO/ MES</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Promedio T</b>
<b>Punto 1</b>	3,01	1,49	1,73	2,07	2,07
<b>Punto 2</b>	2,12	2,01	1,63	2,08	1,96
<b>Punto 3</b>	1,65	2,38	1,41	2,19	1,90
<b>Punto 4</b>	2,52	1,85	1,48	2,14	1,99
<b>Punto 5</b>	1,67	2,4	1,45	2,17	1,92
<b>Media</b>					1,97
<b>Desviación estándar</b>					0,059

Realizado por: Vanesa Romero

Sus valores superior e inferior, respetivamente son 2,07 y 1,90, donde se observa que no existe una variación importante entre los valores ya que se encuentran dentro de los rangos de desviación

**Gráfico 8-3:** Nitrógeno Amoniacal



Realizado por: Vanesa Romero

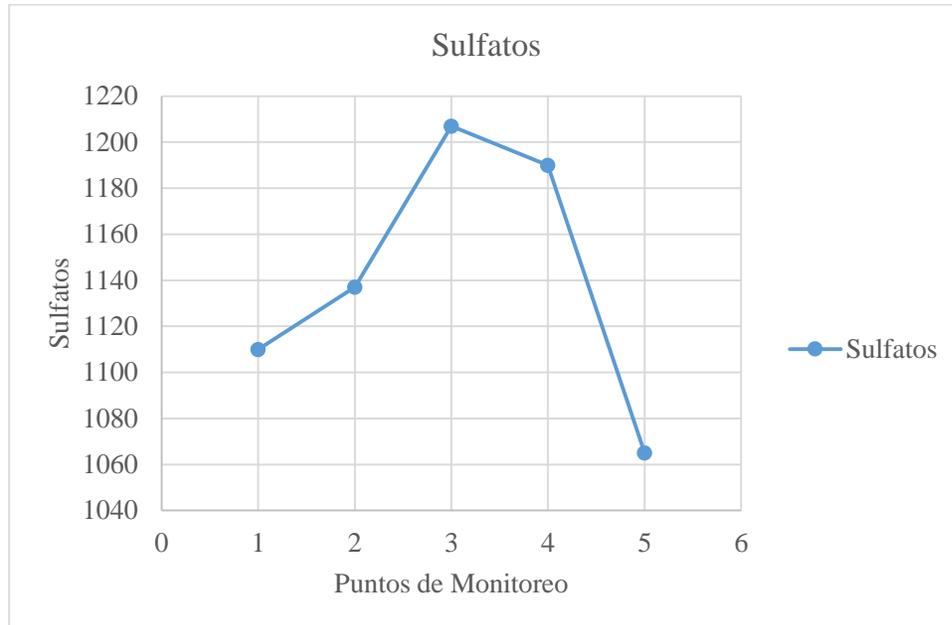
**Tabla 14-3:** Sulfatos

MONITOREO/ MES	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Promedio T
<b>Punto 1</b>	1110	1110	1110	1110	1110
<b>Punto 2</b>	1060	1060	1080	1350	1137
<b>Punto 3</b>	1080	1080	1470	1200	1207
<b>Punto 4</b>	1090	1090	1260	1320	1190
<b>Punto 5</b>	1080	1080	1050	1050	1065
<b>Media</b>					1142
<b>Desviación Estándar</b>					51,97

Realizado por: Vanesa Romero

Sus valores superior e inferior, respetivamente son 1065 y 1207, donde se observa que no existe una variación importante entre los valores ya que se encuentran dentro de los rangos de desviación

**Gráfico 9-3:** Sulfatos



Realizado por: Vanesa Romero

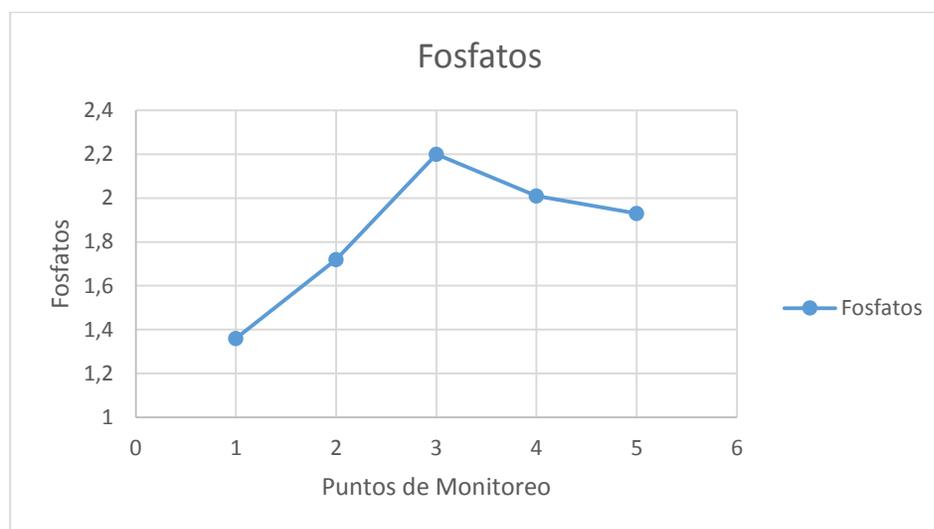
**Tabla 15-3:** Fosfatos

<b>Resultados de Fosfatos (mg/l)</b>					
<b>MONITOREO/ MES</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Promedio T</b>
<b>Punto 1</b>	2,2	1,59	0,72	0,93	1,36
<b>Punto 2</b>	2,08	0,62	2,2	2	1,72
<b>Punto 3</b>	2	1,38	2	3,45	2,20
<b>Punto 4</b>	2,24	1,92	1,2	2,7	2,01
<b>Punto 5</b>	0,95	2,4	2,2	2,2	1,93
<b>MEDIA</b>					1,84
<b>DESVIACION ESTANDAR</b>					0,28

Realizado por: Vanesa Romero

Los valores obtenidos superior e inferior, respetivamente son 1,36 y 2,20, donde se observa que no existe una variación importante entre los valores ya que se encuentran dentro de los rangos de desviación

**Gráfico 10-3:** Fosfatos



Realizado por: Vanesa Romero

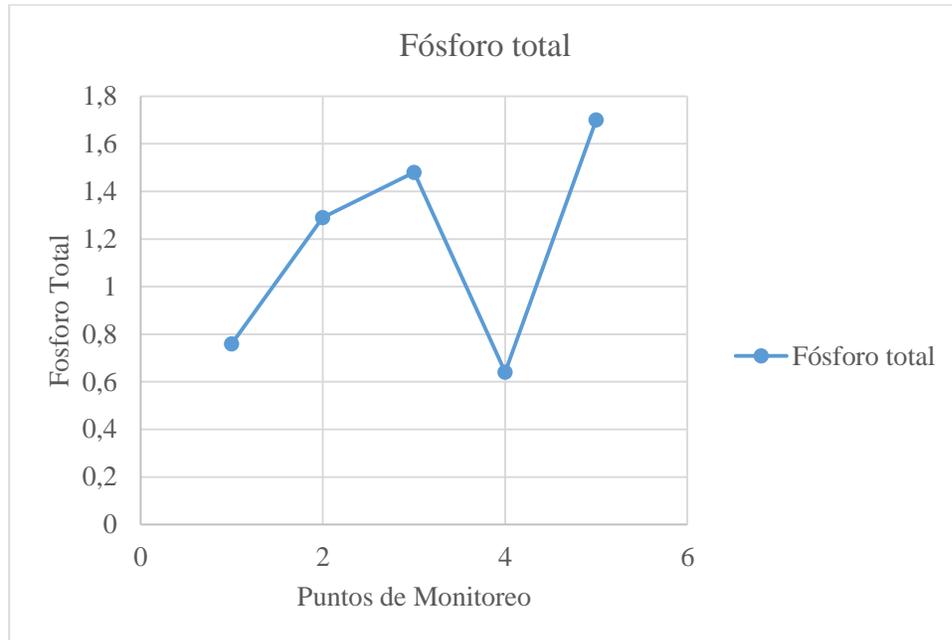
**Tabla 16-3:** Fosforo Total

<b>Resultados de Fosforo total (mg/l)</b>					
<b>MONITOREO/ MES</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Promedio T</b>
<b>Punto 1</b>	2	0,52	0,23	0,3	0,76
<b>Punto 2</b>	0,68	0,2	2,2	2,1	1,29
<b>Punto 3</b>	2,33	0,45	2	1,15	1,48
<b>Punto 4</b>	0,73	0,63	0,3	0,9	0,64
<b>Punto 5</b>	0,31	0,79	2,4	3,3	1,7
<b>MEDIA</b>					1,17
<b>DESVIACION ESTANDAR</b>					0,4

Realizado por: Vanesa Romero

Los valores superior e inferior, respetivamente son 1,7 y 0,64, donde se observa que no existe una variación importante entre los valores ya que se encuentran dentro de los rangos de desviación

**Gráfico 11-3: Fosforo Total**



Realizado por: Vanesa Romero

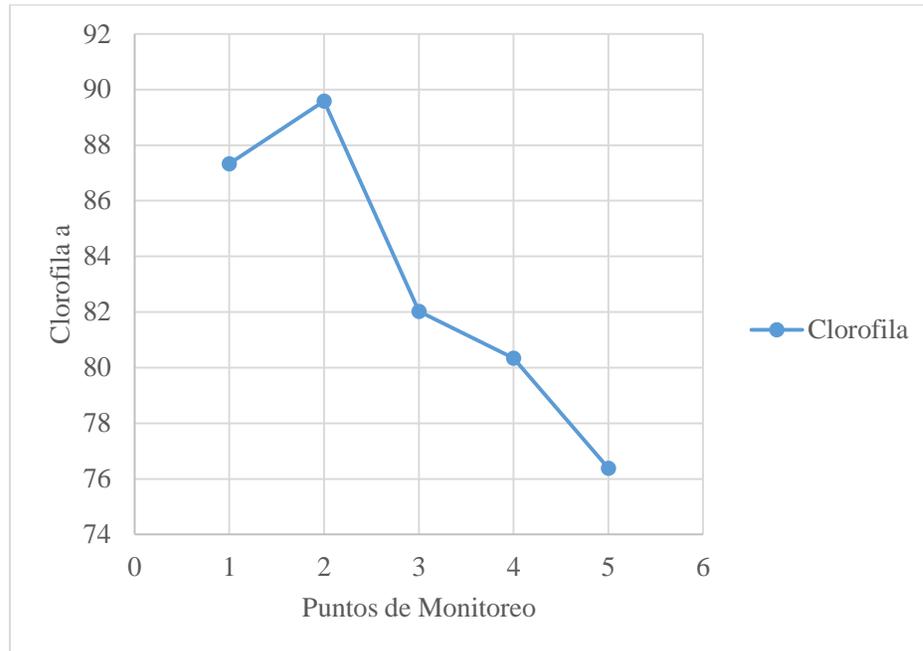
**Tabla 17-3: Clorofila "a"**

Resultados de Clorofila a (mg/m3)					
MONITOREO/ MES	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Promedio T
<b>Punto 1</b>	93,51	72,45	101,88	81,49	87,33
<b>Punto 2</b>	76,42	90,73	74,84	116,33	89,58
<b>Punto 3</b>	81,26	84,78	81,17	80,89	82,02
<b>Punto 4</b>	82,94	84,37	76,47	77,59	80,34
<b>Punto 5</b>	86,01	78,06	73,95	67,57	76,39
<b>Media</b>					83,13
<b>Desviación Estándar</b>					4,76

Realizado por: Vanesa Romero

Los valores superior e inferior, son 76,39 y 89,58, donde se observa que no existe una variación importante entre los valores ya que se encuentran dentro de los rangos de desviación

**Gráfico 12-3: Clorofila "a"**



Realizado por: Vanesa Romero

**Tabla 18-3: Carbono Orgánico Total**

<b>Resultados de Carbono Orgánico Total</b>					
<b>MONITOREO/ MES</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Promedio T</b>
<b>Punto 1</b>	57,9	55,8	57,9	57	57,15
<b>Punto 2</b>	61,6	60,9	61	61,9	61,35
<b>Punto 3</b>	77,9	76,8	77	80	77,925

Realizado por: Vanesa Romero

### 3.3. Matriz de correlaciones

Los resultados adquiridos en la época de estiaje de los nutrientes de la laguna Urbana Valle Hermoso del Cantón Guano

Matriz de Correlaciones

		Fosforo Total	Oxígeno Disuelto	Sulfatos	Fosfatos	Nitritos	Nitrógeno Amoniacal	Nitratos	Temperatura	pH	Conduc	Transp Secchi	Clor a	Clor b	Clor c	TSI_transSecchi	TSI Fosforo Total	TSI Clorofila a	TSI Promedio
Fosforo Total	Correlación de Pearson	1	,024	,103	,734**	,049	-,013	-,403	-,013	,148	,121	-,089	-,131	-,050	,013	,090	,877**	-,179	,879**
Oxígeno Disuelto	Correlación de Pearson		1	,334	,004	-,371	-,133	-,237	-,170	,553*	,832**	-,004	-,023	-,263	-,045	,002	-,014	-,060	-,019
Sulfatos	Correlación de Pearson			1	,260	-,210	-,205	-,096	-,171	,261	,373	,009	,272	,219	-,272	-,015	,170	,258	,193
Fosfatos	Correlación de Pearson				1	,140	-,285	-,134	-,257	,009	,163	-,020	,064	,074	,107	,012	,865**	,031	,876**
Nitritos	Correlación de Pearson					1	-,122	-,222	,090	-,070	-,374	,011	,083	-,276	-,068	,002	-,061	,104	-,052
Nitrógeno Amoniacal	Correlación de Pearson						1	-,009	,617**	,150	-,203	-,128	,224	-,146	,293	,134	,000	,237	,037
Nitratos	Correlación de Pearson							1	,121	-,096	-,200	,037	,082	,379	,018	-,047	-,165	,085	-,164
Temperatura	Correlación de Pearson								1	,432	-,390	-,108	,010	-,067	-,192	,114	-,059	,003	-,046
pH	Correlación de Pearson									1	,444*	-,546*	-,021	-,116	-,332	,548*	,030	-,053	,092
Conductividad	Correlación de Pearson										1	-,054	-,010	-,284	,208	,040	,096	-,038	,098
Transparencia Secchi	Correlación de Pearson											1	,255	-,274	,287	-,999**	,005	,259	-,093
Clorofila a	Correlación de Pearson												1	-,003	-,008	-,254	-,136	,996**	-,079
Clorofila b	Correlación de Pearson													1	-,287	,273	,081	-,013	,113
Clorofila c	Correlación de Pearson														1	-,291	,208	,011	,175
TSI Transparencia Secchi	Correlación de Pearson															1	-,007	-,257	,091
TSI Fosforo Total	Correlación de Pearson																1	-,170	,992**
TSI Clorofila a	Correlación de Pearson																	1	-,113
TSI Promedio	Correlación de Pearson																		1

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

### 3.4. Varianza total explicada

Varianza total explicada									
Componente	Autovalores iniciales			Sumas de extracción de cargas al cuadrado			Sumas de rotación de cargas al cuadrado		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	2,821	35,267	35,267	2,821	35,267	35,267	2,656	33,194	33,194
2	2,077	25,962	61,229	2,077	25,962	61,229	1,840	22,998	56,192
3	1,335	16,689	77,917	1,335	16,689	77,917	1,708	21,351	77,543
4	1,037	12,958	90,875	1,037	12,958	90,875	1,067	13,332	90,875
5	,379	4,736	95,612						
6	,189	2,359	97,970						
7	,125	1,568	99,538						
8	,037	,462	100,000						

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Realizado por: Vanesa Romero

Se puede apreciar en la tabla de la varianza total explicada cuatro componentes importantes los cuales en conjunto expresan una variabilidad acumulada del 90,875 % de todo el conjunto de datos, evidenciándose que el componente 1 explica el 33,194 % de todo el estudio y el componente 2 explica el 56,192 % siendo estos componentes los que más información aportan al estudio del agua de la laguna Valle Hermoso del cantón Guano

### 3.5. Matriz de componentes rotados

Matriz de componente rotado <sup>a</sup>				
	Componente			
	1	2	3	4
TSI Fosforo Total	,976			
Fosforo Total	,930			-,112
Fosfatos	,906		-,283	,140
Oxígeno Disuelto		,961		
Conductividad		,935	-,213	
Nitrógeno Amoniacal			,894	,202
Temperatura		-,194	,878	-,101
Clorofila a				,987
Método de extracción: análisis de componentes principales. Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.				
a. La rotación ha convergido en 5 iteraciones.				

Realizado por: Vanesa Romero

Del análisis factorial o Matriz de componentes rotados podemos concluir que las variables se agrupan en cuatro grupos:

Componente 1: la asociación de las variables de TSI de Fosforo Total, Fosforo Total, Fosfatos están relacionadas con la eutrofización. El fosforo son nutrientes de las plantas, actúan en el crecimiento de algas en las aguas superficiales, con solo 1 gramo de fosfato-fosforo induce el incremento de 100 g de algas. Cuando las algas mueren se descomponen y da una demanda de oxigeno de 150 gramos. (Vasquez 2015)

Componente 2: la asociación de Oxígeno Disuelto y Conductividad están relacionadas con la eutrofización por el cual el aumento de nutrientes causa un sobre crecimiento de algas que al morir, se depositan en el fondo de los cuerpos de agua y finalmente se descomponen generando mal olor y la baja disminución de Oxígeno Disuelto y la conductividad se considera como parámetro importante en el proceso. (Vasquez 2015)

Componente 3: la asociación de Nitrógeno Amoniacal y Temperatura están relacionadas a los procesos de eutrofización, la presencia del nitrógeno es más móvil que el fósforo y puede ser lavado a través del suelo o saltar al aire por evaporación del amoníaco o por desnitrificación, la temperatura actúa como un parámetro que puede en un momento dado acelerar o disminuir la velocidad de las

reacciones químicas, incluyendo los ciclos de degradación de materia orgánica que se presenten tanto en la columna de agua como en las zonas bentónicas de los ecosistemas acuáticos, incluyendo en estas últimas los sedimentos.(Vásquez Zapata et al. 2012)

Componente 4: La clorofila a explica por si sola el proceso de eutrofización ratificando lo expuesto por Carlson quien utiliza este parámetro biológico como indicador de eutrofización, (Toapanta 2017) hizo una investigación en donde determino el estado trófico de la laguna de yambo a través de la cuantificación de clorofila “a”.

### 3.6. Índice de Estado Trófico

A continuación se presenta los cálculos obtenidos para el Índice de Estado Trófico en los meses de monitoreo

<b>TSI Transparencia Secchi</b>				
<b>MONITOREO MES</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>
Punto 1	73,2037494	73,5685791	73,5685791	77,3492481
Punto 2	75,1279368	73,2037494	73,5685791	75,1279368
Punto 3	77,3492481	75,1279368	73,9428858	77,3492481
Punto 4	77,3492481	73,9428858	75,1279368	77,3492481
Punto 4	77,3492481	75,1279368	75,1279368	77,3492481

Realizado por: Vanesa Romero

<b>TSI Fosforo Total</b>				
<b>MONITOREO MES</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>
Punto 1	113,755013	94,3302115	82,5671036	86,3985433
Punto 2	98,1985781	80,55	130,75	114,46
Punto 3	115,957252	92,24	113,75	105,77
Punto 4	99,2217022	97,09	86,4	102,24
Punto 4	86,8713725	100,36	116,38	111,41

Realizado por: Vanesa Romero

<b>TSI Clorofila a</b>				
<b>MONITOREO MES</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>
Punto 1	75,1184508	72,6152163	75,9594353	73,7687119
Punto 2	73,138558	74,8223819	72,933608	77,2605879
Punto 3	73,7409847	74,1569853	73,7301135	73,6962149
Punto 4	73,9417322	74,1094286	73,1449744	73,2876122
Punto 4	74,2982876	73,3468568	72,8162479	71,9311398

Realizado por: Vanesa Romero

**Tabla 19-3:** TSI Promedio Total

<b>Resultados TSI PROMEDIO TOTAL</b>					
<b>MONITOREO/ MES</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Promedio T</b>
<b>Punto 1</b>	87,35	80,17	77,36	79,17	81,01
<b>Punto 2</b>	82,15	76,19	92,41	88,94	84,92
<b>Punto 3</b>	89,01	80,50	87,14	85,60	85,56
<b>Punto 4</b>	83,503	81,71	78,22	84,29	81,93
<b>Punto 5</b>	79,50	82,94	88,10	86,89	84,36

Realizado por: Vanesa Romero

**Tabla 20-3:** Estado Eutrófico según la propuesta de Carlson.

<b>MONITOREO/ MES</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>
<b>Punto 1</b>	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
<b>Punto 2</b>	Eutrófico	Eutrófico	Hipertrófico	Eutrófico
<b>Punto 3</b>	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
<b>Punto 4</b>	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
<b>Punto 5</b>	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico

Realizado por: Vanesa Romero

El Estado trófico global de la Laguna Valle Hermoso en la época de estiaje, el TSI promedio da como resultado 83,55, es decir que se encuentra en un estado Eutrófico según la propuesta de Carlson.

## CONCLUSIONES

- En esta investigación se determinó la eutrofización a partir de variables físicas, químicas y biológicas, además en qué estado trófico se encuentra la laguna urbana Valle Hermoso del cantón Guano.
- Se analizaron los nutrientes que intervienen en la de la laguna Valle Hermoso en la época de estiaje, fueron: el TSI fosforo total, fosforo total, fosfatos, oxígeno disuelto, conductividad, nitrógeno amoniacal, temperatura, clorofila a, estos parámetros presentan una correlación significativa en el nivel 0,01 bilateral, los nutrientes que más influyen en el proceso de eutrofización son el Fósforo y el Nitrógeno, estos son denominados macronutrientes por su fuerte influencia en el desarrollo de los organismos. En algunos ecosistemas el factor limitante es el ion fosfato, como sucede en la mayoría de los sistemas lenticos continentales. En los ecosistemas marinos, el factor limitante es el nitrógeno para la mayoría de las especies de plantas. En las últimas cuatro décadas las concentraciones de nitrógeno y fósforo en mares y lagos casi se han duplicado debido a la descarga de los ríos, que llevan estos nutrientes usados en diversas actividades humanas.
- Se evaluó los resultados existentes en el estudio del agua de la laguna Valle Hermoso en la época de estiaje, mediante un análisis de componentes principales nos dio un conjunto de variables siendo las más importantes para la investigación, se consiguió cuatro componentes principales que explican el 90,875 % de la variabilidad del conjunto de datos, evidenciándose que el componente 1 formado por TSI fosforo total-fosforo total-fosfatos explica el 33,194 % de todo el estudio y el componente 2 explica el 56,192 % siendo estos componentes oxígeno disuelto-conductividad, el componente 3 nitrógeno amoniacal-temperatura explicando el 77,543, siendo estos los parámetros que más información aportan al estudio del agua de la laguna.
- Se evaluó el grado de eutrofización de la laguna Valle Hermoso del Cantón Guano en la época de estiaje, con la metodología propuesta por Carlson en 1977, en el cual se investigó 5 puntos de monitoreo desde el mes de Junio a Septiembre del 2018, lo cual la laguna presenta un Estado Eutrófico de 83,5

## RECOMENDACIONES

- Los Gobiernos locales y nacionales deben asignar recursos económicos para la protección del ambiente y considerar a esta laguna como recurso Hídrico para evitar que llegue a estado de hipereutrofización.
- Crear áreas de pastoreo para así controlar la influencia del ganado y áreas protegidas para la posible recuperación de los pastos naturales en la zona.
- Se debe realizar un plan de monitoreo periódico por parte de las Autoridades del GAD de Guano para la evaluación y conservación de la laguna, impidiendo que el estado trófico actual pueda llegar al nivel de hipertrófico.
- Concientizar a los habitantes de la laguna Valle Hermoso el uso de los fertilizantes para que tengan un buen manejo.
- Reemplazar las prácticas de agricultura en unas que causen menos contaminación hacia la laguna.

## **BIBLIOGRAFIA**

**AME.** Laguna Valle Hermoso. 20 Mayo 2010 [en línea]. Disponible en:  
<http://ame.gob.ec/ec/2010/05/20/canton-guano/>.

**APHA.** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 1992. S.l.: s.n.

**Arboleda, J.** Teoría y práctica de la purificación del agua.. Mc Graw Hi. Colombia: s.n. 2000.

**Baza, S.** Eutrofización de arroyos de montaña por prácticas forestales. 2009 [en línea]. S.l.: s.n.  
Disponible en: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/espochsp/detail.action?docID=3181765>.

**Capó, M.** Principios de Ecotoxicología 2007 [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en:  
[https://books.google.com.ec/books?id=86oL\\_Ybnwn8C&pg=PA97&dq=fosfatos+en+el+agua+eutrofizacion&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjh-sX0NzfAhUmrVkJHXHTA2gQ6AEIJzAA#v=onepage&q=fosfatos+en+el+agua+eutrofizacion&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=86oL_Ybnwn8C&pg=PA97&dq=fosfatos+en+el+agua+eutrofizacion&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjh-sX0NzfAhUmrVkJHXHTA2gQ6AEIJzAA#v=onepage&q=fosfatos+en+el+agua+eutrofizacion&f=false).

**Carlson, R.** A trophic state index for lakes. Limnology Research Center Minesota Estados Unidos Pacific 1977, pp. 361-369.

**Cirujano, S. & Medina, L.** Plantas acuáticas de las lagunas y humedales de Castilla-La Mancha. 2014 [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en:  
[https://books.google.com.ec/books?id=0ALaAgAAQBAJ&dq=eutrofizacion+lagunas&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.ec/books?id=0ALaAgAAQBAJ&dq=eutrofizacion+lagunas&hl=es&source=gbs_navlinks_s).

**Diaz, A & Sotomayor, L.** EVALUACIÓN DE LA EUTROFIZACIÓN DE LA LAGUNA CONOCOCHA-ANCASH; A AGOSTO DE 2012. 2013 [en línea], Disponible en:  
[https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user\\_upload/p\\_biorem/education/research/publications/Theses/Tesis\\_Diaz\\_y\\_Sotomayor\\_2013.pdf](https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/publications/Theses/Tesis_Diaz_y_Sotomayor_2013.pdf).

**Espinel, V.** Influencia de la actividad antropogénica en la calidad del agua del embalse La Esperanza , Ecuador. S.l.: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

**García, G..** La contaminación del agua. Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, 2002 pp. 1-5.

**Gómez, F..** Tesis doctoral 2015 [en línea]. Disponible en: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi02diosNLfAhXPrFkKHZroCjsQFjABegQICBAC&url=https%3A%2F%2Fwww.uma.es%2Fmedia%2Ffiles%2FTESIS\\_GOMEZ\\_JAKOBSSEN\\_def.pdf&usg=AOvVaw26zcgqaj4hFxGeBmCxBJ2B](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi02diosNLfAhXPrFkKHZroCjsQFjABegQICBAC&url=https%3A%2F%2Fwww.uma.es%2Fmedia%2Ffiles%2FTESIS_GOMEZ_JAKOBSSEN_def.pdf&usg=AOvVaw26zcgqaj4hFxGeBmCxBJ2B).

**Gonzales, E..** Fitoplancton de cinco embalses de Venezuela con diferentes estados tróficos. [En línea] Revista Limnetica Volumen 22, no 2 (2003) Caracas -Venezuela pp. 15-35 [Consulta: 2017-01-13 ] ISSN 0213- 8409. Disponible en: [http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne22/L22a015\\_Fitoplancton\\_embalses\\_venezuela.pdf](http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne22/L22a015_Fitoplancton_embalses_venezuela.pdf)

**González, P.** Guioteca. 2014. [en línea]. Disponible en: <https://www.guioteca.com/educacion-para-ninos/ciclo-del-carbono-sabes-en-que-consiste/>.

**Guillén, A.** LAGO DE SANABRIA, PRESENTE Y FUTURO DE UN ECOSISTEMA EN DESEQUILIBRIO 2015 [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=R7Q4DwAAQBAJ&pg=PT170&dq=fosfatos+en+el+agua+eutrofizacion&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjh-sX0NzfAhUmrVvkKHXHTA2gQ6AEIMzAC#v=onepage&q=fosfatos+en+el+agua+eutrofizacion&f=false>.

**IICA.** Manual de Evaluacion de impacto ambiental de actividades rurales. 2000 [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=lnnqaK9UCZAC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=lnnqaK9UCZAC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false).

**Iriondo, M.** Introducción a la Geología. 2. Argentina: s.n. 2009.

**Jiménez, B.** La Contaminación Ambiental en México 2001 [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en:  
<https://books.google.com.ec/books?id=8MVxlyJGokIC&pg=PA67&dq=nitrogeno+amoniacal++en+el+agua+eutrofizacion&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjz-pvF1tzfAhVMrVkKHcAaBW8Q6AEIJzAA#v=onepage&q=nitrogeno+amoniacal+en+el+agua+eutrofizacion&f=false>.

**Martín, J.** Ingeniería de los Ríos 2002. [en línea]. UPC. S.l.: s.n. Disponible en:  
<https://books.google.com.ec/books?id=DIDodO5iHEYC&printsec=frontcover&dq=martin+2007+rios&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjR1Oznj8PeAhVO4VMKHVpxC84Q6AEIJzAA#v=onepage&q=martin+2007+rios&f=false>.

**Martínez, J.** Red Temática de Ciencias de la Tierra. 2011 [en línea]. Disponible en:  
<http://tierra.rediris.es/hidrored/sensibilizacion/datos/agua/contaminacion/tipos.htm>.

**Metcalf & Eddy.** Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización. Tercera ed. España: s.n. 1995

**Moreta, J.** LA EUTROFIZACIÓN DE LOS LAGOS Y SUS CONSECUENCIAS. IBARRA 2008. Books.Google.Com 2008 [en línea], vol. 52, no. 4, pp. 829-837. ISSN 00347744. Disponible en:  
[http://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2377/2/ResumenEjecutivo.pdf%0Ahttps://www.academia.edu/1439928/La\\_eutrofización\\_de\\_los\\_lagos\\_y\\_sus\\_consecuencias.\\_Ibarra\\_2008%0Ahttp://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2637/1/TESIS.pdf](http://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2377/2/ResumenEjecutivo.pdf%0Ahttps://www.academia.edu/1439928/La_eutrofización_de_los_lagos_y_sus_consecuencias._Ibarra_2008%0Ahttp://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2637/1/TESIS.pdf).

**NTE INEN 2169, 2013. NTE INEN 2169.** Agua, calidad de agua, muestreo, manejo y conservación de muestras [en línea]. 2013. S.l.: s.n. Disponible en:  
<https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2169.1998.pdf>.

**NTE INEN 2176, 2013. NTE INEN 2176** Calidad del agua, Muestreo. Técnicas de muestreo. 2013. S.l.: s.n. Disponible en: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2169.1998.pdf>

**Ongley, E.** Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. S.l.: s.n. 1997

**Pilco, D.** "INFLUENCIA DE LOS NUTRIENTES EN LA CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA

EN LA LAGUNA VALLE HERMOSO DEL CANTÓN GUANO ”. S.l.: ESPOCH. 2017.

**Rivera, D.** Modelación del oxígeno disuelto en lagos estratificados incorporando los efectos del viento. S.l.: Universidad de Concepción. 2002.

**Roldan, G & Ramirez, J.** Fundamentos de limnología neotropical. S.l.: s.n. ISBN 9789587141443. 2008

**Roldan, G.** Bioindicación de la calidad del agua en Colombia 2003 [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en:  
[https://books.google.com.ec/books?id=ZEjgIKZTF2UC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=ZEjgIKZTF2UC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false).

**Sánchez, O.** Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México 2007 . [en línea]. Instituto N. S.l.: s.n. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=uWlrkIx-r3oC&dq=clorofila+a+eutrofizacion&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.ec/books?id=uWlrkIx-r3oC&dq=clorofila+a+eutrofizacion&hl=es&source=gbs_navlinks_s).

**Taborda, V.** Importancia de la conservación de las lagunas urbanas: el caso de la Laguna de los Patos. 2016 [en línea]. Disponible en:  
<http://congresos.unlp.edu.ar/index.php/CICC/VCICCDs/paper/view/3129>.

**Toapanta, M.** DETERMINACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO DE LA LAGUNA DE YAMBO A TRAVÉS DE LA CUANTIFICACIÓN DE CLOROFILA “A” 2017 .[en línea]. S.l.: s.n. Disponible en:  
<https://osf.io/nf5me%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2015.01.012%0Ahttps://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1047840X.2017.1373546%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2016.07.011%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.paid.2017.06.011%0Ahttp://programme.exo>.

**Torres, M.** El ciclo del S. 2009 [en línea]. Disponible en:  
<http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2009/05/26/118901>.

**Vasquez, O.** Determinacion de Fosfatos. 2015. [en línea]. Disponible en:  
<https://www.academia.edu/19106371/AGUAS-FOSFATOS>.

**Vásquez,G, Herrera , I., Cantera, J, Castaño, A.** Metodología Para Determinar Niveles De Eutrofización En Ecosistemas Acuáticos Methodology for Determining Eutrophication Levels in Aquatic Ecosystems. , pp. 112-128. 2012.

**Villaseñor, J.** Eliminación biológica de fósforo en aguas residuales urbanas. La Mancha. España: s.n. 2011

**Zambrano, A.** EVALUACIÓN DEL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE LA LAGUNA NATURAL EL CARMEN Y SU SITUACION CON LAS EPOCAS DEL AÑO. 2018 [en línea],  
Disponible en:  
[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi02diosNLfAhXPrFkKHZroCjsQFjABegQICBAC&url=https%3A%2F%2Fwww.uma.es%2Fmedia%2Ffiles%2FTESIS\\_GOMEZ\\_JAKOBSEN\\_def.pdf&usg=AOvVaw26zcgqaj4hFxGeBmCxBJ2B](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi02diosNLfAhXPrFkKHZroCjsQFjABegQICBAC&url=https%3A%2F%2Fwww.uma.es%2Fmedia%2Ffiles%2FTESIS_GOMEZ_JAKOBSEN_def.pdf&usg=AOvVaw26zcgqaj4hFxGeBmCxBJ2B).

**Zouiten, H.** TESIS DOCTORAL 2012.Análisis Mediante Modelado Avanzado de Procesos de Eutrofización en Lagunas Litorales : Aplicación a Masas de Agua Atlánticas y Mediterráneas. ,

## **ANEXOS**

### **Anexo A: Laguna Valle Hermoso Cantón Guano**



### **Anexo B: Bote**



**Anexo C:** Muelle de la laguna Valle Hermoso



**Anexo D:** Titora

