



CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

**TESIS PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MEDIO AMBIENTE**

TEMA:

**DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE EUTROFIZACIÓN DEL
EMBALSE SIXTO DURAN BALLÉN MEDIANTE ÍNDICES DE
ESTADO TRÓFICO.**

AUTORAS:

**MOREIRA SANTOS JOSELYN YERITZA
SABANDO VERGARA BELKIS VIRGINIA**

TUTOR:

ING. VERÓNICA ESPINEL PINO M.sc.

CALCETA, JULIO 2016

DERECHOS DE AUTORÍA

Moreira Santos Joselyn Yeritza y Sabando Vergara Belkis Virginia, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.

.....

JOSELYN Y. MOREIRA SANTOS

.....

BELKIS V. SABANDO VERGARA

CERTIFICACIÓN DE TUTORA

Verónica Espinel Pino certifica haber tutelado la Tesis, **DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE EUTROFIZACIÓN DEL EMBALSE SIXTO DURAN BALLÉN MEDIANTE ÍNDICES DE ESTADO TRÓFICO**, que ha sido desarrollada por Joselyn Yeritza Moreira Santos y Belkis Virginia Sabando Vergara, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
ING. VERÓNICA ESPINEL PINO M.SC.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** la tesis titulada **DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE EUTROFIZACIÓN DEL EMBALSE SIXTO DURAN BALLÉN MEDIANTE ÍNDICES DE ESTADO TRÓFICO**, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por Joselyn Yeritza Moreira Santos y Belkis Virginia Sabando Vergara, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....

Ing. Lizardo Reyna Bowen, M.Sc.

MIEMBRO

.....

Blg. Ramón Zambrano Aveiga, M.Sc.

MIEMBRO

.....

Ing. Yessenia Zambrano Intriago, M.Sc.

PRESIDENTA

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día; a Dios, por permitirme llegar a este momento, regando bendiciones en mi vida, a mis padres y hermanos, que siempre estuvieron apoyándome en los momentos que más lo necesitaba en especial a mi mamá María Vergara que me incitó a seguir adelante y siempre tenía una solución para todos mis problemas.

A mi amiga Joselyn Moreira, que con sus consejos estuvo pendiente de mí ayudándome siempre, a la Sra. Edita Bravo, quien me apoyó tanto moral como económicamente, al Ing. Fabián Peñarrieta, quien fue la persona que me acompañó hasta el lugar donde se desarrolló la investigación, trasladando los equipos y también nos ayudó en el laboratorio al momento de realizar los análisis.

A la Ing. Flor M. Cárdenas Guillén, por sus valiosos aportes, apoyo y orientación brindada para la culminación de nuestra investigación, al Ing. Jonny Rivadeneira Vera, que fue la persona que siempre estuvo pendiente, corrigiendo y ayudando día a día el trabajo de investigación, a mi tío Manuel Sabando, que me apoyó siempre con sus consejos, a mi tía Deisy Holguín, quien fue como mi segunda mamá ayudándome también en todo, a todos mis amigos, compañeros que a lo largo de este trabajo colaboraron desinteresadamente.

.....
BELKIS V. SABANDO VERGARA

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día; a Dios, que me ha acompañado en todo momento; a mis padres, que se esforzaron a pesar de las necesidades para que pudiera realizar mis estudios; a mis familiares y amigos que han contribuido en el alcance de este logro.

.....
JOSELYN Y. MOREIRA SANTOS

DEDICATORIA

A Dios que me iluminó y me permitió estar con vida para desarrollar esta investigación; a mis padres, quienes fueron los pioneros para que siguiera superándome, que me apoyaron en todo momento y gracias a ellos he llegado hasta aquí; a mis hermanos y amigos, que han sido instrumento de fortaleza y sabiduría para cultivar un corazón noble en cada una de mis caminatas.

.....
BELKIS V. SABANDO VERGARA

DEDICATORIA

A Dios que ha iluminado mi camino en cada instante de mi vida para lograr cada una de las metas propuestas; A mis padres Sr. Liber Moreira y Sra. Geni Santos, quienes han sido el apoyo incondicional de mi vida y el motor principal por el que cada día me he esforzado para alcanzar este logro; A mis hermanas Gema y Nohely, que de una forma u otra me han apoyado en los buenos y malos momentos de mi vida; A mis Abuelitos Sr. Clovis Santos, Sra. Eiralinda Bravo, Sra. Mariana Moreira; que han sido como mis segundos padres, motivándome con sus consejos y enseñanzas; A mis familiares y amigos, que han aportado con lo que les haya sido posible en todo momento.

.....
JOSELYN Y. MOREIRA SANTOS

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA.....	II
CERTIFICACIÓN DE TUTORA.....	III
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
DEDICATORIA	VII
CONTENIDO GENERAL.....	IX
CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS.....	XII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT.....	XV
CAPITULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.4. HIPÓTESIS.....	3
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. EUTROFIZACIÓN.....	4
2.1.1. PROCESO DE EUTROFIZACIÓN.....	4
2.2. EMBALSES EN ZONAS TROPICALES	5
2.3. ESTADO TRÓFICO	5
2.3.1. OLIGOTRÓFICO	6
2.3.2. MESO TRÓFICO.....	6
2.3.3. EUTRÓFICO	6
2.4. ÍNDICES DE ESTADO TRÓFICO.....	7

2.4.1. ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO CARLSON 1979.....	7
2.4.2. ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO MODIFICADO POR TOLEDO et al. 1985	8
2.4.3. ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO (OCDE).....	8
2.5. INDICADORES DE EUTROFIZACIÓN EN EMBALSES	9
2.5.1. INDICADORES QUÍMICOS.....	9
2.5.2. INDICADORES FÍSICOS.....	10
CAPITULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	13
3.1. UBICACIÓN.....	13
3.2. DURACIÓN.....	13
3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	14
3.4. VARIABLES DE ESTUDIO	14
3.4.1. VARIABLE DEPENDIENTE.....	14
3.4.2. VARIABLE INDEPENDIENTE	14
3.5. PROCEDIMIENTO.....	14
3.5.1. FASE 1: CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DEL AGUA DEL EMBALSE Y SUS AFLUENTES	15
3.5.2. FASE 2: EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO	18
3.5.3. FASE 3: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS del IET	19
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
4.1. RESULTADOS	22
4.1.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DEL AGUA DEL EMBALSE Y SUS AFLUENTES	22
4.1.2. ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO.....	27
4.1.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS del IET	29
4.1.4. GRÁFICOS.....	31

4.2. DISCUSIÓN.....	39
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	42
5.1 CONCLUSIONES.....	42
5.2 RECOMENDACIONES.....	43
BIBLIOGRAFIA.....	44
ANEXOS.....	49

CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS

Tabla 2.1	Puntuaciones del nivel trófico de acuerdo IET.....	8
Imagen 3.1.	Zona de estudio.....	13
Tabla 3.1.	Clasificación (IET _M) Toledo <i>et al.</i> , 1985.....	20
Tabla 3.2.	Clasificación del índice de estado trófico según la OCDE 1982.....	20
Tabla 4.1.	Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo.....	22
Imagen 4.1	Representación cartográfica de los puntos de muestreo.....	23
Tabla 4.2.	Valores de pH correspondientes a los meses de oct, nov, dic.....	23
Tabla 4.3.	Valores de temperatura correspondientes a los meses de oct, nov, dic.....	24
Tabla 4.4.	Valores de conductividad correspondientes a los meses de oct, nov, dic.....	24
Tabla 4.5.	Valores de oxígeno disuelto correspondientes a los meses de oct, nov, dic.....	24
Tabla 4.6.	Valores de medición secchi correspondientes a los meses de oct, nov, dic.....	25
Tabla 4.7.	Valores de fósforo correspondientes al mes de octubre.....	25
Tabla 4.8.	Valores de fósforo correspondientes al mes de noviembre.....	25
Tabla 4.9.	Valores de fósforo correspondientes al mes de diciembre.....	26
Tabla 4.10.	Valores de las longitudes de onda corregidas y clorofila <i>a</i> correspondientes al mes de octubre.....	26
Tabla 4.11.	Valores de las longitudes de onda corregidas y clorofila <i>a</i> correspondientes al mes de noviembre.....	26
Tabla 4.12.	Valores de las longitudes de onda corregidas y clorofila <i>a</i> correspondientes al mes de diciembre.....	27
Tabla 4.13	Valores IET _m profundidad secchi.....	27
Tabla 4.14	Valores IET _m clorofila <i>a</i>	27
Tabla 4.15	Valores IET _m fósforo total.....	28
Tabla 4.16	Valores IET _m Total.....	28
Tabla 4.17	Valores IET _m total por mes.....	28
Tabla 4.18	Valores IET _m total por puntos.....	28
Tabla 4.19	Clasificación trófica para cada uno de los puntos por mes de acuerdo a Toledo.....	29
Tabla 4.20	Análisis de varianza con un factor en función del IET de los puntos de muestreo.....	29
Tabla 4.21	Clasificación trófica de todos los puntos de muestreo para PT, Cl <i>a</i> , transparencia en los 3 meses de muestreo.....	30
Tabla 4.22	Clasificación trófica todos los puntos de muestreo para PT, Cl <i>a</i> , transparencia en el mes de octubre.....	30
Tabla 4.23	Clasificación trófica todos los puntos de muestreo para PT, Cl <i>a</i> , transparencia en el mes de noviembre.....	30
Tabla 4.24	Clasificación trófica todos los puntos de muestreo para PT, Cl <i>a</i> , transparencia en el mes de diciembre.....	30
Grafico 4.1.	Representación gráfica de los valores de pH por cada punto en los diferentes meses.....	31

Grafico 4.2.	Representación gráfica de los valores de temperatura por cada punto en los diferentes meses.....	31
Grafico 4.3.	Representación gráfica de los valores de conductividad por cada punto en los diferentes meses.....	32
Grafico 4.4.	Representación gráfica de los valores de oxígeno disuelto por cada punto en los diferentes meses.....	32
Grafico 4.5.	Representación gráfica de los valores de profundidad secchi por cada punto en los diferentes meses.....	33
Grafico 4.6.	Representación gráfica de los valores de fósforo total por cada punto en los diferentes meses.....	34
Grafico 4.7.	Representación gráfica de los valores de clorofila a por cada punto en los diferentes meses.....	34
Grafico 4.8.	Representación gráfica de los valores de IETm Mensual profundidad secchi por cada punto en los diferentes meses.....	35
Grafico 4.9.	Representación gráfica de los valores de IETm clorofila a por cada punto en los diferentes meses.....	35
Grafico 4.10.	Representación gráfica de los valores de IET fósforo total por cada punto en los diferentes meses.....	36
Grafico 4.11.	Representación gráfica de los valores de IETm TOTAL por cada punto en los diferentes meses.....	36
Grafico 4.12.	Representación gráfica de los valores en promedio de estado trófico por los meses de muestreo.....	37
Grafico 4.13.	Representación gráfica de estado trófico por punto.....	37
Grafico 4.14.	Estado trófico según la OCDE para fósforo.....	38
Grafico 4.15.	Estado trófico según la OCDE para clorofila a.....	38
Grafico 4.16.	Estado trófico según la OCDE para profundidad secchi.....	38

RESUMEN

La presente investigación se enfoca en conocer el estado trófico del embalse Sixto Duran Ballén del cantón Bolívar; el estudio fue de tipo no experimental, se realizaron muestreos mensuales midiendo parámetros in situ y laboratorio tanto físicos como químicos; aplicando la metodología de análisis del IET de Carlson para aguas templadas el cual fue adaptado por Toledo para aguas tropicales. Se realizaron mediciones de Ph con un promedio de las mediciones mensuales de 9,5; Temperatura de 29, 0C, CE 202 μ S/cm, OD de 6,5 Mg/l, Profundidad de 0,5 m, PT de 635 u/l y Clorofila a 41,7u/l en 5 puntos; 3 corresponden a las desembocaduras de los ríos representativos como son Río Grande, Río Barro, Río Caña Grande, y 2 puntos dentro del embalse. Los muestreos se realizaron durante los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre 2015. Con los datos obtenidos de Profundidad, Fósforo y Clorofila a se calculó el IET del embalse mediante la metodología modificada por Toledo(1982), donde se obtuvo un promedio general del IET de 82 lo que indica que el embalse presenta un estado eutrófico ya que la clasificación de Toledo considera que si este valor es superior a 55 el embalse en estudio presenta este estado, por tanto las especies acuáticas presentes en el embalse, se verán afectadas por el exceso de nutrientes y consecuentemente la proliferación de algas anóxicas que hacen que se agote el oxígeno por la respiración y descomposición de éstas, provocando la muerte por asfixia de los organismos.

PALABRAS CLAVES

Anóxicas, clorofila a, profundidad secchi, fósforo.

ABSTRACT

The present research is focused on knowing the trophic condition in Sixto Duran Ballen reservoir of Bolivar Canton; the study was not experimental, monthly samplings were made to measure parameters insitu and laboratory both physicists and chemists; applying Carlson's IET methodology for the analysis of moderated waters which was adapted by Toledo for tropical waters. PH measurements were made with an average of monthly measurements of 9,5; Temperature of 29°C, CE 202 μ S/cm, OD of 6,5 Mg/l, Depth of 0,5 m, PT of 635 u/l and Chlorophyll to 41,7u/l in 5 points; 3 correspond to the river mouths representative by the rivers of Rio Grande, Rio Barro, Rio Caña Grande, and 2 points inside the reservoir. The samplings were done during October, November and December, 2015. With the information obtained Depth, Phosphorus and Chlorophyll were calculated the IET using the modified methodology of Toledo (1982), obtaining general average of the IET of 82 which indicates that the reservoir presents an eutrophic condition because the classification of Toledo. If this value is superior to 55 the aquatic species present in the reservoir will be affected by the excess of nutrients and consequently the proliferation of anoxic algae that makes the oxygen exhausted because of the breathing and decomposition of them, provoking the death by asphyxiation of the organisms.

KEY WORDS

Anoxic, Chlorophyll a, Depth Secchi, Phosphorus.

CAPITULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La eutrofización es una problemática ambiental de suma importancia en cuencas hidrográficas, ésta consiste en el enriquecimiento de nutrientes especialmente nitrógeno y fósforo en el agua; el principal factor limitante es el fósforo ya que los excedentes de este nutriente provocan que pierda su efecto limitante, siendo utilizado por las algas del plancton, cuyas poblaciones crecen desmesuradamente hasta agotar el nitrógeno; induciendo a impactos ecológicos, sanitarios y económicos a escala regional y local (Ledesma *et al.*, 2013).

A nivel mundial la eutrofización se ha convertido en una de las principales complicaciones de suma consideración en relación a la calidad del agua, las principales fuentes de contaminación por nutrientes causantes de eutrofización son la escorrentía agrícola y también las provenientes de aguas residuales domésticas (ONU-DAES, 2014).

Éste también es un problema habitual en los embalses y ríos del Ecuador y está dada por la descarga de aguas servidas sin tratamiento a los cuerpos de agua y también el uso desmesurado de fertilizantes con altos contenidos de fósforo (Briceño, 2008), lo cual provoca un quebranto en los ecosistemas acuáticos y por consiguiente afecta la diversidad de flora y fauna que allí se desarrollan (Moreta, 2008).

En la provincia de Manabí se ha observado que existen descargas de aguas sin ningún tipo de proceso de descontaminación previo y contaminación por desechos químicos procedentes de la agricultura en afluentes de abastecimiento primarios para la población (El Universo, 2014), por lo que esta situación puede conllevar a la aceleración del estado trófico del cauce.

El embalse la esperanza ha presentado medianos problemas de eutrofización afectando el cauce del río Carrizal donde se desarrollan diversidad de especies y también a la población que hace uso de sus aguas; ya que esto implica un deterioro en la calidad de la misma y acorta la vida útil del embalse (Buitrón, 2012).

Por lo expuesto se plantea la siguiente interrogante: ¿Cuál es el actual estado trófico del embalse Sixto Duran Ballén?

1.2. JUSTIFICACIÓN

La eutrofización está dada por el enriquecimiento de nutrientes en el agua que provoca la proliferación de algas las cuales recubren la superficie e impiden la penetración de la luz solar hacia las capas inferiores estimulando la disminución del oxígeno y en la superficie un cambio de color en el agua afectando la diversidad de especies que allí se desarrollan.

Los cuerpos hídricos constituyen base fundamental de los ecosistemas ya que sostienen la flora, fauna y vida humana que se desarrolla a su alrededor; la subcuenca del río carrizal representa el sustento tanto social como económico de muchas familias que realizan un sinnúmero de actividades ya sean estas agrícolas, ganaderas, pesqueras, recreación o de consumo; siendo estas indispensables, por tanto la disminución de la calidad de la misma, en su estado trófico, involucra una afectación significativa para la población ya que no podrían aprovechar el recurso en sus labores diarias.

Por lo expuesto anteriormente se cita el Art. 14 de La Constitución de la República del Ecuador el cual establece que “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*” por lo que este estudio contribuye al cumplimiento de este derecho; además se debe considerar que no existe algún tipo de indagación socializada sobre el estado trófico del embalse.

Es por ello que la presente investigación se enfoca en la determinación de indicadores básicos de eutrofización tales como fósforo total, clorofila *a*, profundidad secchi, oxígeno disuelto, temperatura del agua; para así poder determinar el estado trófico del embalse Sixto Duran Ballén e indagar en el deterioro de la calidad del agua en base a parámetros físicos y químicos, y en referencia a estos aplicar metodologías que permitan establecer el estado trófico y a la vez realizar un análisis exhaustivo de los datos obtenidos; y así contribuir a la fundamentación de investigaciones futuras.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el nivel de eutrofización del embalse Sixto Duran Ballén mediante índices de estado trófico.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer la Caracterización física y química del agua del embalse y sus afluentes
- Evaluar el estado trófico del embalse mediante la utilización de índices de estado trófico
- Analizar los resultados del índice de estado trófico

1.4. HIPÓTESIS

El índice de estado trófico, determinará los niveles de eutrofización del embalse Sixto Duran Ballén.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. EUTROFIZACIÓN

La eutrofización ha sido identificada como uno de los problemas más graves de contaminación; se ha considerado como la principal causa de deterioro de la calidad del agua y por ende la pérdida de la biodiversidad que puede restringir su uso para pesca, recreación, industrial y de consumo. Es un proceso que puede ser irreversible, que se presenta en los ecosistemas acuáticos lénticos como respuesta al enriquecimiento de ciertos nutrientes. En resumen este proceso provocado por la gran cantidad de nutrientes (nitratos y fosfatos principalmente) estimula el crecimiento de fitoplancton , las cuales poseen un periodo de vida relativamente corto, las plantas que mueren y el aporte de materia orgánica producen mayor cantidad de materia en descomposición sobre las que actúan las bacterias aeróbicas haciendo que disminuya la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, desarrollando condiciones hipóxicas o anóxicas, creando medios letales para el desarrollo óptimo de organismos vivos (Abella y Martínez, 2012).

La constante descarga de desechos sólidos y líquidos en lagos y lagunas provenientes principalmente de los asentamientos poblacionales que los rodean y de sus múltiples actividades, ha ocasionado el desarrollo de este complejo problema en cuerpos de agua de todo el mundo (Fontúrbel, 2003).

2.1.1. PROCESO DE EUTROFIZACIÓN

El proceso de eutrofización está dado por el enriquecimiento en nutrientes en los cuerpos aguas. Produce un crecimiento excesivo de algas, las cuales al morir se depositan en el fondo de los ríos o lagos las mismas que al descomponerse generan residuos orgánicos y crea una demanda bioquímica de oxígeno que suele agotar el oxígeno disuelto y causar la muerte de los organismos acuáticos (fauna y flora), el resultado final es un ecosistema casi destruido. Las algas se

desarrollan cuando encuentran condiciones favorables: temperatura, sol y nutrientes, (Romero, 2010).

2.2. EMBALSES EN ZONAS TROPICALES

Los embalses representan un recurso fundamental para el adecuado aprovechamiento de los recursos hidráulicos, permitiendo adecuar el suministro de agua a las necesidades de consumo (Jiménez *et. al* 2005).

La disponibilidad y calidad del agua que se encuentra en los embalses depende de factores relacionados directamente con las características de la cuenca a la que pertenece el río embalsado, como las cargas de nutrientes que lleva, de la variabilidad de las aportaciones hidrológicas y obviamente del mantenimiento y tratamiento que se realice en los embalses. Este último punto es de suma importancia, especialmente si se trata de embalses de suministro (Ordoñez, 2011).

En las zonas de aguas abiertas de lagos y embalses, el fitoplancton juega un papel importante como base esencial de las tramas tróficas, donde los componentes vegetales del plancton son capaces de acumular energía lumínica solar en forma de compuestos químicos de energía gracias a la fotosíntesis. El fitoplancton está sometido a una fuerte influencia estacional y en las zonas tropicales se pueden observar grandes contrastes entre las asociaciones de especies en las épocas de lluvias y de sequía. Las algas responden al arreglo constante de la estructura física y química de su ambiente, presentando fluctuaciones en sus características poblacionales (González *et. al*. 2004).

2.3. ESTADO TRÓFICO

El estado trófico es el peso total del material biológico (biomasa) en un cuerpo de agua, en un lugar y tiempo específico, el tiempo y las mediciones específicas de cada lugar pueden ser agregados para producir estimaciones a nivel de cuerpo de agua de estado trófico, por tanto se entiende que es la respuesta

biológica a los factores de forzamiento como adiciones de nutrientes, pero el efecto de los nutrientes puede ser modificada por factores tales como la temporada, el pastoreo, la profundidad de mezcla (Nolen, 2015). El estado trófico es un fenómeno multidimensional y, consecuentemente, un solo indicador trófico no mide adecuadamente este fenómeno (Moreno y Ramírez, 2010).

2.3.1. OLIGOTRÓFICO

Este estado es característico de lagos y embalses cuyas aguas son pobres en nutrientes y contienen bajos niveles de fósforo, lo que conlleva a que se limite la producción biológica, esto significa que existe una menor proliferación de algas; además contienen bajas concentraciones de clorofila-a, tienden a tener agua claras lo que hace que penetre la luz con facilidad, existe suficiente oxígeno por todo el año para apoyar a los peces y otros organismos acuáticos (Government of Alberta, 2015).

2.3.2. MESO TRÓFICO

Es un estado medianamente productivo es decir entre Oligotrófico y eutrófico, un cuerpo de agua típica meso trófico tendrá agua moderadamente clara y una cantidad moderada de plantas acuáticas (Dodds, 2007). Las aguas que contienen cantidades ponderadas o intermedias de nutrientes y que pueden contribuir a un mayor desarrollo de organismos (Peñaherrera, D. 2010).

2.3.3. EUTRÓFICO

Este estado se caracteriza por tener masas de aguas con altas concentraciones de nutrientes que facilitan en gran manera la proliferación de algas, agua turbia, y los bajos niveles de oxígeno disuelto (EPA, 2012).

2.4. ÍNDICES DE ESTADO TRÓFICO

2.4.1. ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO CARLSON 1979

El índice de estado trófico (ETI), desarrollado por el Dr. Robert Carlson, se utiliza para medir la calidad del agua de un lago o embalse. Tiene cinco estados generales: ultra oligotróficos, oligotróficos, mesotróficos, eutróficos o hipereutrófico. Se obtiene a través de la transparencia determinada con el disco de Secchi (DS). (Lundberg y McMillan, 2014). Utiliza una transformación logarítmica de los valores del disco de Secchi como una medida de la biomasa algal en una escala de 0 a 100, Cada incremento de 10 unidades en la escala representa el doble de la biomasa de algas, debido a que la clorofila a y el fósforo total generalmente correlacionan muy significativamente con los valores del disco de Secchi (Ortiz, 2011). Este índice puede determinarse a partir de otros parámetros, como la concentración de clorofila a (Clorf a) y fósforo total (Pt) (Moreno *et al.*, 2010).

El índice de estado trófico de Carlson (IET_c) fue desarrollado para las regiones templadas, donde el metabolismo de los ecosistemas acuáticos difiere de las que se encuentran en entornos tropicales. Con el fin de adaptar una nueva metodología para las condiciones tropicales, Toledo Jr. et al. (1985) propuso cambios al modelo de Carlson (Moreno *et al.*, 2010) en la formulación matemática del IET, con el objetivo de adaptarlos a las condiciones climáticas de los ambientes tropicales; las ecuaciones planteadas por Carlson 1979 para cada uno de los parámetros son las siguientes:

- **Claridad del agua (Ds) (m)**

$$TSI_{Ds} = 60 - 14.41 \ln(Ds) \quad (2.1)$$

- **Fósforo total (Pt) (mg/l)**

$$TSI_{Pt} = 14.42 \ln(Pt) + 4.15 \quad (2.2)$$

- **Clorofila a (Clorf a) (mg/l)**

$$TSI_{Clorfa} = 9.81 \ln(Clorfa) + 30.6 \quad (2.3)$$

Tabla 2.1 Puntuaciones del nivel trófico de acuerdo IET

IET- Carlson 1979	
Índice	Clasificación
<20	Ultra oligotrófica
20-40	Oligotrófico
40-50	Meso trófico
50-60	Eutrófico
>60	Hipereutrófico

Fuente: Pena, *et al.*, 2004

2.4.2. ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO MODIFICADO POR TOLEDO *et al.* 1985

Los Índices de Toledo *et al.* (1985) son variaciones realizadas al Índice de Carlson (IETm); éstos utilizan transparencia (S) y concentraciones de fósforo total (P) y clorofila a activa (CL) (Velasquez *et al.*, 2007).

Es mucho más apropiado para determinar el estado trófico de lagos y embalses tropicales que el IET de Carlson, ya que este último fue desarrollado para evaluar lagos y embalses de zonas templadas. Los ecosistemas acuáticos de zonas tropicales, poseen un alto grado de productividad debido a una alta tasa de asimilación de nutrientes, teniendo una capacidad para metabolizar las cantidades de nutrientes mucho mayor a la que poseen los ecosistemas en zona templadas. Dicha capacidad para metabolizar los nutrientes permite que los límites establecidos para cada estado trófico (oligotrófico, mesotrófico y eutrófico) sean más altos en relación con los cuerpos de agua en épocas de frío. (Rocha, 2006) (Texto Citado por Granizo, 2011).

2.4.3. ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO (OCDE)

El estudio más completo sobre la eutrofización hasta ahora realizado lo ejecutó “Programa Cooperación sobre la Eutrofización”, de la OCDE realizado en la década de 1970 con la participación de connotados científicos de 18 países;

los cuales establecieron una secuencia de categorías tróficas cimentado en las concentraciones de Pt, Clorf a, y transparencia medida con el Ds (Moreno *et al*, 2010).

2.5. INDICADORES DE EUTROFIZACIÓN EN EMBALSES

2.5.1. INDICADORES QUÍMICOS

2.5.1.1. FÓSFORO

El fósforo es un elemento esencial para todos los organismos y es a menudo el factor limitante para el crecimiento de plantas acuáticas como sucede en la mayoría de los lagos de agua dulce. Aunque el fósforo se encuentra naturalmente en los afluentes y aguas de escorrentía, los problemas históricos causados por niveles elevados se han originado principalmente de fuentes hechas por el hombre, alcantarillado, efluentes de plantas de tratamiento, la escorrentía agrícola y los procesos industriales han liberado grandes cantidades de fósforo en los embalses (EPA, 2012).

El ciclo global del fósforo, por lo menos en la mayoría de las aguas continentales, ha sido profundamente modificado por el hombre durante las últimas décadas. No sólo ha aumentado el fósforo procedente de la mineralización de toda clase de residuos orgánicos; El fósforo pasa de ser un factor limitante a convertirse en un elemento muy abundante, acelerando y acortando tanto su reciclaje como las cadenas tróficas y su exceso en el agua provoca eutrofización (Aznar, 2007).

2.5.1.1.1. CICLO DEL FÓSFORO

El fósforo es liberado desde los depósitos naturales de fosfatos por lixiviación, desgaste, erosión o por la extracción minera. Parte del fósforo pasa a través de los ecosistemas terrestres y acuáticos por medio de las plantas, de los herbívoros, de depredadores y de parásitos, y regresa al suelo y al agua por la excreción de estos organismos. De igual manera por la muerte y descomposición

de todos los organismos de la cadena alimentaria el fósforo regresa a la tierra y al medio acuático. En la tierra las bacterias transforman los fosfatos orgánicos que no pueden ser tomados por las plantas, mientras que los fosfatos inorgánicos quedan una parte dentro de los organismos de las bacterias y otra es tomada por las plantas. Finalmente, parte del fósforo de la tierra se escapa hacia el mar y los lagos (Smith, 2001 citado por Granizo 2011).

2.5.1.2. CLOROFILA *a*

La clorofila-a (chl-a) es un pigmento vegetal cuya concentración es ampliamente utilizado como un parámetro de calidad del agua para indicar el estado trófico de los lagos y embalses (Dimberg *et al.*, 2013), es un componente ópticamente activo 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 eufótica. Este efecto varía a lo largo del espectro electromagnético y puede ser visto como cambios en las propiedades de reflectancia espectral del agua (Moraes *et al.*, 2013).

La clorofila *a* indica la biomasa Fito planctónica presente, la cual, en la medida en que se desenvuelva bajo condiciones adecuadas, se manifestará en la productividad. La medición sistemática de la clorofila *a* se recomienda ampliamente como un índice confiable, que permitiría una pronta diagnosis de la salud del ecosistema (Sánchez, 2007).

2.5.2. INDICADORES FÍSICOS

2.5.2.1. TEMPERATURA

La temperatura afecta directamente muchos de los procesos biológicos y fisicoquímicos, incluyendo a los nutrientes que se encuentran en el agua. En especial, afecta la solubilidad de muchos elementos y principalmente el oxígeno disuelto; en condiciones normales, a medida que aumenta la temperatura, la solubilidad del oxígeno es menor (Albarca, 2006).

La temperatura puede ser definida como una medida de la energía térmica media de una sustancia, la energía térmica es la energía cinética de los átomos y las moléculas, por lo que la temperatura a su vez mide la energía cinética media de los átomos y moléculas, esta energía puede ser transferida entre sustancias como el flujo de calor, la transferencia de calor, ya sea desde el aire, la luz del sol, otra fuente de agua o la contaminación térmica puede cambiar la temperatura del agua (FEM, 2015).

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 (Zapata *et. al* 2012).

2.5.2.2. OXÍGENO DISUELTO

El oxígeno disuelto es uno de los parámetros Hidro-Químicos, indicativos de la salud de un Ecosistema Hídrico (Carrillo, 2012). El oxígeno disuelto en el agua es proveniente de la fotosíntesis que realizan los vegetales con clorofila. Como esta actividad fotosintética es mayor en las capas superiores bien iluminadas, su concentración será mayor a este nivel; mientras que en los niveles próximos al fondo este irá disminuyendo debido a los procesos de oxidación de la materia orgánica. El oxígeno disuelto en lagos, ríos y océanos es crucial para los organismos y las criaturas que viven en ella, a medida que la cantidad de oxígeno disuelto cae por debajo de los niveles normales en los cuerpos de agua, la calidad del agua se ve perjudicada y las criaturas comienzan a morir; el OD y temperatura son dos factores íntimamente relacionados entre sí, de tal forma que la solubilidad del oxígeno en el agua disminuye a medida que aumenta la temperatura (USGS, 2015).

2.5.2.3. CONDUCTIVIDAD

La conductividad no está directamente relacionado con la eutrofización u otros indicadores de problemas de calidad del agua. Sin embargo, los cambios (aumentos) en conductividad puede ser una indicación de cambio de escorrentía a un lago, ya sea a través del cambio en las tasas de flujo o aumentos en el material erosionable en el flujo, dado que estos materiales a menudo pueden traer contaminantes o cambiar el hábitat biológico, los cambios en conductividad puede ser una indicación de problemas de contaminación, que relaciona tanto a la dureza y alcalinidad del agua y pueden influir en el grado en que los nutrientes permanecen en el agua (FEM, 2015).

2.5.2.4. TRANSPARENCIA

La transparencia es la cantidad de luz que se transmite (traspasa) en el cuerpo de agua, en un lago eutrófico la luz penetra con dificultad y el crecimiento de flora béntica productora de oxígeno se minimiza (Moreta, 2008).

2.5.2.5. POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)

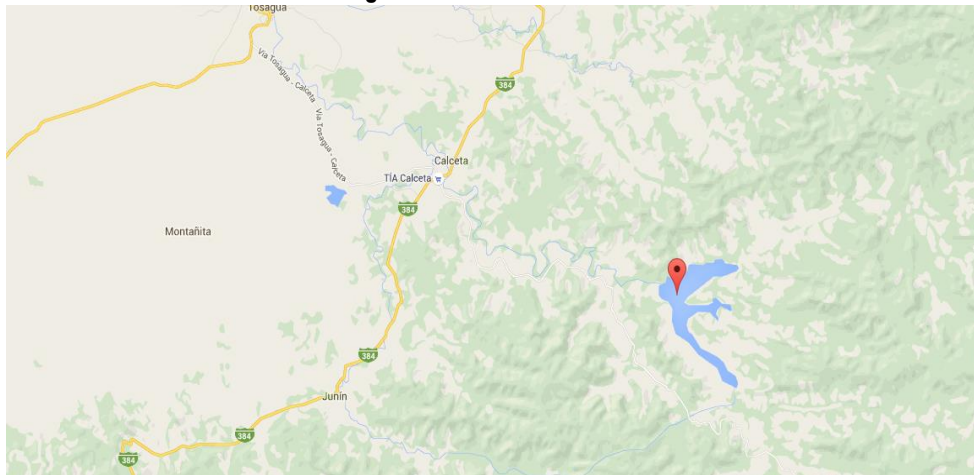
Este proceso es importante en aguas superficiales, el escurrimiento de áreas agrícolas, residenciales e industriales puede contener hierro, aluminio, amoníaco, mercurio u otros componentes. El pH del agua puede determinar los efectos tóxicos, si los hubiere, de estas sustancias (Albarca, 2006).

CAPITULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La investigación se la realizó en el embalse “Sixto Durán Ballén” de la subcuenca del río Carrizal, la misma que se encuentra situada al sur-este de la cuenca del río Chone, dentro de la provincia de Manabí. El embalse se forma por los afluentes Río Grande, Río Caña grande y Río Barro, está ubicado en la Parroquia Quiroga del Cantón Bolívar, aproximadamente a 12 kilómetros de la Cabecera Cantonal Calceta, tiene una extensión aproximada de 2.500 hectáreas. La posición astronómica del embalse La Esperanza es de $0^{\circ}.53$ Mn, 43 Sg de Latitud Sur Y $80^{\circ}.4$ Mn, 4 Sg de Latitud Oeste. Con una altitud de 46.52 msnm.

Imagen 3.1. Zona de estudio



Fuente: Pixelis maps

3.2. DURACIÓN

La presente investigación tuvo una duración de 6 meses comprendido en el periodo octubre 2015-Marzo 2016.

3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación fue no experimental de carácter inductivo, ya que se basó en la observación de fenómenos para analizarlos con posterioridad y además se centró en el análisis del nivel o estado de una o diversas variables en un momento dado.

3.4. VARIABLES DE ESTUDIO

3.4.1. VARIABLE DEPENDIENTE

- Nivel de eutrofización del embalse Sixto Duran Ballén.

3.4.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

- Índices de estado trófico

3.5. PROCEDIMIENTO

Para la ejecución de la investigación se plantearon tres fases, cada una de ellas, permitió el cumplimiento de los objetivos específicos propuestos, Estas son:

- Fase 1: Caracterización física y química del agua del embalse y sus afluentes
- Fase 2: Evaluación del índice de estado trófico
- Fase 3: Análisis de los resultados del índice de estado trófico

A continuación se describirán cada una de las fases detalladas en diversas actividades.

3.5.1. FASE 1: CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DEL AGUA DEL EMBALSE Y SUS AFLUENTES

3.5.1.1. ACTIVIDAD 1.1: IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

La identificación de los puntos de muestro se la realizó mediante la utilización de GPS, por medio del cual se puntualizaron las coordenadas geográficas correspondientes a las desembocaduras al embalse de los efluentes Río Grande, Río Caña grande y Río Barro respectivamente y también dos puntos estratégicos dentro del embalse aplicando la metodología planteada por Pereira, 2001 en la cual se evalúa la composición de los efluentes y las concentraciones en el depósito.

- Los puntos descritos se escogieron para establecer los cambios en las concentraciones de los parámetros a medir desde los afluentes que alimentan al embalse y las concentraciones dentro del mismo.
- Con los puntos de muestreo ya identificados se realizó la representación cartográfica de los mismos en ArcGIS.

3.5.1.2. ACTIVIDAD 1.2: MUESTREO EN EL ÁREA DE ESTUDIO

El muestreo se lo llevó a cabo aplicando la metodología planteada por (Chalar, 2009) en la cual se realizan mediciones en el centro del embalse y otras en los afluentes que aportan al reservorio, por lo tanto se muestreó cada uno de los puntos referenciados cartográficamente realizándolo una vez por mes durante un periodo de 3 meses correspondiente a octubre, noviembre, diciembre de 2015, en cada uno de estos puntos se midieron parámetros físicos in situ como son pH, conductividad, oxígeno disuelto, profundidad o transparencia y temperatura y a la vez se recolectaron muestras para su posterior análisis en laboratorio para determinar los parámetros de fósforo y clorofila a.

3.5.1.3. ACTIVIDAD 1.3: DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS

Los parámetros físicos que se caracterizaron fueron el oxígeno disuelto, pH, T°C, conductividad, la transparencia o profundidad; la medición se la realizó in situ en cada uno de los puntos de muestreo una vez al mes durante un periodo de 3 meses; para cada jornada de trabajo se llevó registro de los datos mediante la utilización de una hoja de campo para muestreo.

- La determinación de los parámetros oxígeno disuelto, pH, temperatura y conductividad se los realizó mediante el equipo móvil *MULTI 340* el cual cumple las funciones de potenciómetro, oxímetro y conductímetro.
- La transparencia o profundidad se la determinó mediante la utilización de disco secchi, donde se sumergió el disco en forma vertical, con el fin de que la luz reflejada sobre la superficie del embalse no interfiera sobre la medición de la misma; a una distancia suficiente para que no se vea el mismo, luego se regresó el disco a la superficie y se registró la profundidad medida en el momento que se observó nuevamente el disco (Granizo, 2011).

3.5.1.4. ACTIVIDAD 1.4: DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS QUÍMICOS

En esta actividad se caracterizaron los parámetros de PT y clorofila *a*, la toma de muestra se la realizó una vez por mes durante 3 periodos en cada uno de los puntos establecidos (Dimberg *et al.*, 2013), para conservar la muestra se utilizaron envases plásticos de 500 ml, rotulados, identificados y adaptados de tal manera que sean lo más idóneos posible para la preservación de la muestra, en función de los parámetros a ser analizados. En relación al parámetro clorofila *a*, debido a la sensibilidad del mismo, se cubrieron todos los recipientes con papel aluminio y cinta adhesiva, para evitar el paso de la luz solar y la incidencia de la misma sobre el contenido del envase. (Granizo, 2011).

3.5.1.4.1. DETERMINACIÓN DE FÓSFORO TOTAL

La determinación de PT se la realizó mediante el espectrofotómetro NOVA 60 basado en el método de análisis para fosfatos, resultados que luego se transformaron a fósforo

3.5.1.4.2. DETERMINACIÓN DE CLOROFILA *a*

La determinación de clorofila (*a*) se la realizó por espectrofotometría, lo cual consistió en filtrar las muestras mediante bomba de vacío en un filtro de fibra para contener el extracto, este se lo colocó en tubos de ensayo con 5 ml de metanol y reposo en refrigeración por 24 horas, una vez transcurrido este tiempo se colocó el metanol en nuevos tubos de ensayo y se centrifugo a 3000 RPM por 10 min ; a la muestra centrifugada se le dio lectura en el espectrofotómetro de las absorbancias de las muestras a las longitudes de onda de 664 nm, 647 nm, 630 nm, y 750 nm esta última medida se restó a cada una de las otras longitudes de onda para corregir las absorbancias y estos resultados corregidos se reemplazaron en la siguiente Ecuación de Jeffrey & Humphrey (1975):

$$Ca = \{(11.85 * A_{664}) - (1.54 * A_{647}) - (0.08 * A_{630})\} \quad (3.1)$$

Una vez obtenido este resultado se procedió a reemplazar al mismo en la siguiente ecuación para así obtener la concentración final de clorofila *a* en la muestra de agua.

$$\text{Clorofila} - a \left(\frac{mg}{l} \right) = \frac{Ca * \text{Volumen de extracto (l)}}{\text{volumen de muestra filtrada (l)}} \quad (3.2)$$

3.5.2. FASE 2: EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO

Para el cálculo del índice de estado trófico se utilizó la metodología propuesta por Carlson 1979 para estado trófico en embalses de zona templada- modificado por Toledo *et al.*, 1985 la cual ha sido adaptada para la determinación del nivel trófico en embalses tropicales basándose en los parámetros de PT, Cl a, Sec.

3.5.2.1. ACTIVIDAD 2.1: CÁLCULO DEL ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO MODIFICADO PARA PROFUNDIDAD SECCHI.

Se calculó a partir del promedio de los datos obtenidos en cada jornada por cada punto en el parámetro profundidad Secchi (Sec), aplicando la ecuación:

$$IET_M = 10 * \left[6 - \frac{0,64 + \ln Sec}{\ln 2} \right] \quad (3.3)$$

Dónde:

Ln Sec= Logaritmo natural del promedio de la profundidad secchi, en metros, medida con el disco secchi.

3.5.2.2. ACTIVIDAD 2.2: CÁLCULO DEL ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO MODIFICADO PARA CLOROFILA (a).

Los datos de clorofila a calculados y obtenidos previamente en mg/L, se transformaron a µg/L y de esta forma se determinó el estado trófico para el parámetro clorofila (a) mediante la ecuación:

$$IET_M = 10 * \left[6 - \left(\frac{2,04 - 0,695 \ln Cl a}{\ln 2} \right) \right] \quad (3.4)$$

Dónde: Ln Cl (a)= Logaritmo natural de la clorofila (a) en µg/L.

3.5.2.3. ACTIVIDAD 2.3: CÁLCULO DEL ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO MODIFICADO PARA FÓSFORO TOTAL.

Con los datos obtenidos previamente en el laboratorio de fósforo total, en unidades de $\mu\text{g/L}$ se aplicó la siguiente ecuación para determinar el estado trófico para el parámetro mencionado.

$$IET_M = 10 * \left[6 - \frac{\ln \frac{80,32}{PT}}{\ln 2} \right] \quad (3.5)$$

Dónde:

Ln PT = Logaritmo natural de la medición de fósforo total en $\mu\text{g/L P}$.

3.5.2.4. ACTIVIDAD 2.4: CÁLCULO DEL ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO MODIFICADO TOTAL

Para poder obtener el valor del estado trófico total, se utilizó el promedio de los tres índices ya obtenidos de los parámetros profundidad secchi, clorofila a, y fósforo total por cada mes. El promedio se obtuvo para cada punto establecido, esto se lo realizó mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$$IET_M = \frac{[(IET_M SEC) + (IET_M SEC) Cla + (IET_M PT)]}{3} \quad (3.6)$$

3.5.3. FASE 3: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS del IET

En esta etapa se procedió a clasificar el estado trófico del embalse en base a la clasificación que establece el (IET_M) Toledo *et al.*, 1985 en comparación con la clasificación propuesta por la OCDE 1982.

3.5.3.1. ACTIVIDAD 3.1: CLASIFICACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO DE ACUERDO A TOLEDO *et al.*, 1985

Se clasificó el estado trófico Según Toledo *et al.*, 1985 en base a los resultados obtenidos en los promedios totales de cada mes por cada punto. La tabla 3.1 muestra la clasificación y los índices de acuerdo a nivel trófico:

Tabla 3.1. Clasificación (IET_M) Toledo *et al.*, 1985

Índice	Clasificación
<45	Oligotrófico
45-55	Meso trófico
>55	Eutrófico

Fuente: Pena, *et al.*, 2004

3.5.3.2. ACTIVIDAD 3.2: CLASIFICACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO DE ACUERDO A LA OCDE 1982

Los promedios obtenidos de cada uno de los parámetros en los puntos establecidos, para cada período se compararon con la clasificación de la OCDE 1982 considerando que esta contempla otras categorías de estado trófico y además índices con un rango más estricto que los propuestos por Toledo *et al.*, 1985.

La tabla 3.2 muestra los valores límites de la OCDE para un sistema completo de clasificación trófica.

Tabla 3.2. Clasificación del índice de estado trófico según la OCDE 1982

Categoría trófica	PT (ug/L)	Clorof <i>a</i> (ug/l)		Transparencia D _s (m)	
		Media	Máxima	Media	Mínimo
Ultra oligotrófico	< 4.0	<1.0	< 2.5	7 >12.0	> 6.0
Oligotrófico	< 10.0	< 2.5	< 8.0	>6.0	> 3.0
Meso trófico	10-35	2.5-8	8.0-25	6.0 – 3.0	3.0 – 1.5
Eutrófico	35-100	25-75	25-75	3.0 – 1.5	1.5 – 0.7
Hipertrófico	>100	> 75	>75	< 1.5	< 0.7

Fuente: Moreno *et al.*, 2010

3.5.3.3. ACTIVIDAD 3.3: ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DEL INFORME FINAL

Una vez obtenidos todos los resultados pertinentes se procedió a la elaboración y presentación del informe definitivo de la investigación.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DEL AGUA DEL EMBALSE Y SUS AFLUENTES

4.1.1.1. IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

Se identificaron las coordenadas geográficas correspondientes a los 5 puntos de muestreo dentro del embalse; las coordenadas tomadas representan a los afluentes principales que alimentan al Embalse Sixto Duran Ballén y además a puntos estratégicos dentro del embalse, en cada uno de los puntos tomados se realizó mediciones mensuales de los diferentes parámetros en estudio por el lapso de 3 meses.

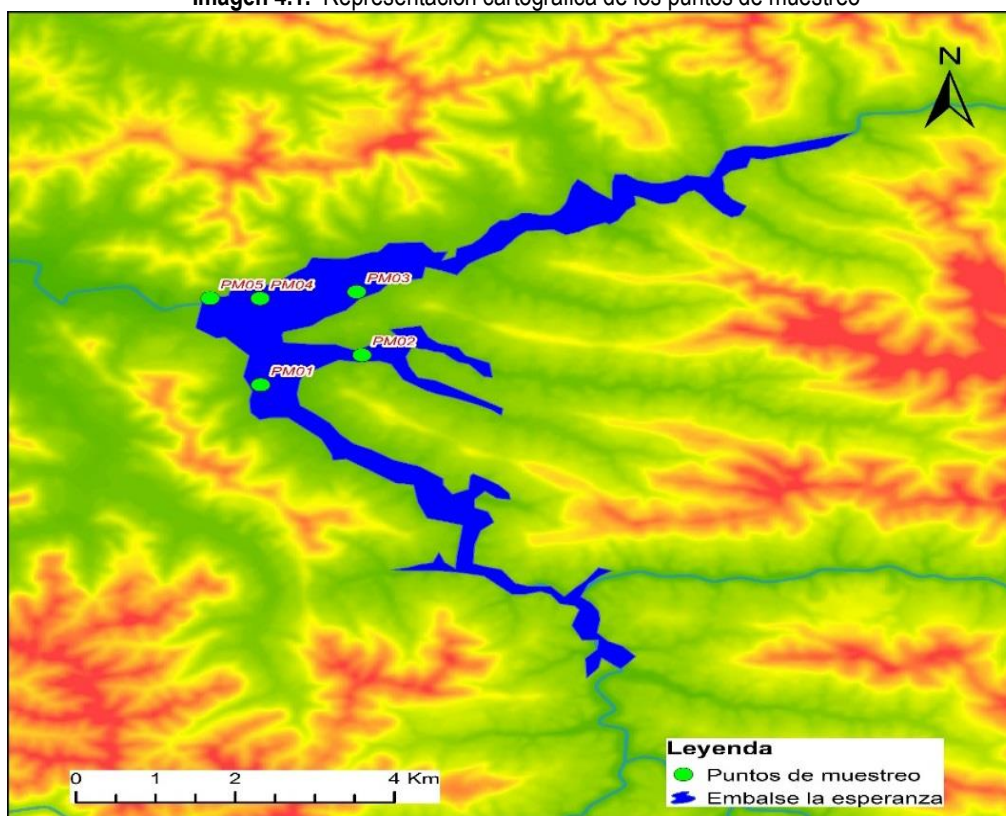
La ubicación de los puntos se muestra a continuación:

Tabla 4.1. Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo

Puntos de muestreo	Coordenadas Geográficas		Referencia
PM01	X 0603680	Y 9900434	Desembocadura al embalse rio Grande
PM02	X 0604954	Y 9900976	Desembocadura al embalse rio Caña Grande
PM03	X 0604888	Y 9902122	Desembocadura al embalse rio Barro
PM04	X 0603674	Y 9902002	Punto en el centro del embalse
PM05	X 0603045	Y 9902006	Punto en la desembocadura del embalse

Los puntos establecidos se representaron cartográficamente mediante la herramienta ArcGis, para lo cual se utilizó una imagen satelital del área de estudio y se ubicaron las coordenadas geográficas correspondientes a cada uno de los puntos de muestreo.

Imagen 4.1. Representación cartográfica de los puntos de muestreo



4.1.1.2. PARÁMETROS FÍSICOS

4.1.1.2.1. pH, CONDUCTIVIDAD, OXÍGENO DISUELTO, TEMPERATURA

A continuación se detallan los resultados de los parámetros físicos como son pH, conductividad, oxígeno disuelto, temperatura; medidos *in situ* en cada una de las jornadas de trabajo correspondientes a los meses de octubre, noviembre, diciembre de 2015.

Tabla 4.2. Valores de pH correspondientes a los meses de oct, nov, dic.

Puntos de medición	Fecha de muestreo		
	29/Oct/2015	30/Nov/2015	07/Dic/2015
PM01	9,34	9,21	9,60
PM02	9,33	9,17	9,52
PM03	9,47	9,51	9,87
PM04	9,47	9,43	9,79
PM05	9,49	9,41	9,77

Tabla 4.3. Valores de temperatura correspondientes a los meses de oct, nov, dic.

Puntos de medición	Fecha de muestreo		
	29/oct/2015	30/nov/2015	07/dic/2015
	°C	°C	°C
PM01	30,5	28,1	29,3
PM02	29,9	28,3	29,5
PM03	29,9	28,2	29,7
PM04	31,1	28,1	29,7
PM05	30,7	28	29,5

Tabla 4.4. Valores de Conductividad correspondientes a los meses de oct, nov, dic.

Puntos de medición	Fecha de muestreo		
	29/oct/2015	30/nov/2015	07/dic/2015
	µS/cm	µS/cm	µS/cm
PM01	206	206	195
PM02	207	204	195
PM03	208	204	194
PM04	208	205	194
PM05	207	203	194

Tabla 4.5. Valores de oxígeno disuelto correspondientes a los meses de oct, nov, dic

Puntos de medición	Fecha de muestreo		
	29/oct/2015	30/nov/2015	07/dic/2015
	Mg/l	Mg/l	Mg/l
PM01	7,20	5,82	4,55
PM02	7,05	5,19	4,27
PM03	7,64	8,47	5,27
PM04	6,77	8,73	4,95
PM05	6,29	11,18	4,63

4.1.1.2.2. PROFUNDIDAD O TRANSPARENCIA

Se determinó la transparencia del agua en cada punto de muestreo en los monitoreo al área de estudio en los meses de octubre, noviembre y diciembre.

Tabla 4.6. Valores de medición Secchi correspondientes a los meses de Oct, Nov, Dic

Puntos de medición	Fecha de muestreo					
	29/oct/2015		30/nov/2015		07/dic/2015	
	cm	m	cm	m	Cm	m
PM01	62	0,62	41	0,41	46	0,46
PM02	48,5	0,485	39	0,39	40	0,4
PM03	52	0,52	39	0,39	39	0,39
PM04	53	0,53	47	0,47	46	0,46
PM05	54	0,54	47	0,47	53	0,53

4.1.1.3. PARÁMETROS QUÍMICOS

4.1.1.3.1. FÓSFORO TOTAL

Se determinaron los niveles de fosfato de las muestras recolectadas en las jornadas de trabajo correspondientes a los meses de octubre, noviembre, diciembre; estos resultados de fosfatos se transformaron a fósforo mediante calculadora electrónica de transformación.

Tabla 4.7. Valores de fósforo correspondientes al mes de octubre

Muestras recolectadas	Fecha de medición		
	29/Oct/2015		
	fosfato (Po ₄) Mg/l	fósforo total (P) Mg/l	fósforo total (P) u/l
Muestra PM01	1,6	0,521824	521,8
Muestra PM02	1,6	0,521824	521,8
Muestra PM03	1,7	0,554438	554,4
Muestra PM04	1,8	0,587052	587,1
Muestra PM05	1,7	0,554438	554,4

Tabla 4.8. Valores de fósforo correspondientes al mes de noviembre

Muestras recolectadas	Fecha de medición		
	30/Nov/2015		
	fosfato (Po ₄) Mg/l	fósforo total (P) Mg/l	fósforo total (P) u/l
Muestra PM01	2	0,65228	652,3
Muestra PM02	2	0,65228	652,3
Muestra PM03	2	0,65228	652,3
Muestra PM04	2,2	0,717508	717,5
Muestra PM05	2,1	0,684894	684,9

Tabla 4.9. Valores de fósforo correspondientes al mes de diciembre

Muestras recolectadas	Fecha de medición		
	10/Dic/2015		
	fosfato (Po ₄)	fósforo total (P)	fósforo total (P)
	Mg/l	Mg/l	u/l
Muestra PM01	2,7	0,880878	880,9
Muestra PM02	2,3	0,750122	750,1
Muestra PM03	2,0	0,65228	652,3
Muestra PM04	1,6	0,521824	521,8
Muestra PM05	1,9	0,6196659	619,7

4.1.1.3.2. CLOROFILA a

Se midió la concentración de clorofila a de las muestras recolectadas durante los meses de octubre, noviembre y diciembre.

Tabla 4.10. Valores de las longitudes de onda corregidas y clorofila a correspondientes al mes de octubre

Muestras recolectadas	Fecha de medición				
	30/Oct/2015				
	Longitud de Onda a 664	Longitud de Onda a 647	Longitud de Onda a 630	clorofila a	clorofila a
	nm	nm	nm	Mg/l	u/l
Muestra PM01	0,422	0,178	0,108	0,056	56
Muestra PM02	0,370	0,211	0,119	0,048	48
Muestra PM03	0,285	0,181	0,121	0,037	37
Muestra PM04	0,311	0,228	0,113	0,039	39
Muestra PM05	0,314	0,235	0,127	0,040	40

Tabla 4.11. Valores de las longitudes de onda corregidas y clorofila a correspondientes al mes de noviembre

Muestras recolectadas	Fecha de medición				
	30/Nov/2015				
	Longitud de Onda a 664	Longitud de Onda a 647	Longitud de Onda a 630	clorofila a	clorofila a
	nm	nm	nm	Mg/l	u/l
Muestra PM01	0,300	0,174	0,113	0,039	39
Muestra PM02	0,314	0,184	0,119	0,041	41
Muestra PM03	0,375	0,223	0,142	0,048	48
Muestra PM04	0,322	0,186	0,123	0,042	42
Muestra PM05	0,314	0,206	0,124	0,040	40

Tabla 4.12. Valores de las longitudes de onda corregidas y clorofila *a* correspondientes al mes de diciembre

Muestras recolectadas	Fecha de medición				
	30/Dic/2015				
	Longitud de Onda a 664	Longitud de Onda a 647	Longitud de Onda a 630	clorofila <i>a</i>	clorofila <i>a</i>
	nm	nm	nm	Mg/l	u/l
Muestra PM01	0,284	0,180	0,120	0,036	36
Muestra PM02	0,252	0,172	0,128	0,032	32
Muestra PM03	0,357	0,216	0,159	0,046	46
Muestra PM04	0,318	0,190	0,140	0,041	41
Muestra PM05	0,295	0,205	0,111	0,038	38

4.1.2. ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO

4.1.2.1. ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO MODIFICADO PARA PROFUNDIDAD SECCHI.

Tabla 4.13 Valores IET_m profundidad secchi

Puntos de Muestreo	IET _M Mensual		
	octubre	noviembre	Diciembre
PM01	84	90	89
PM02	88	91	91
PM03	87	91	91
PM04	86	88	88
PM05	86	88	86

4.1.2.2. ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO MODIFICADO PARA CLOROFILA *a*.

Tabla 4.14 Valores IET_m clorofila *a*

Puntos de Muestreo	IET _M Mensual		
	octubre	noviembre	Diciembre
PM01	71	67	66
PM02	69	68	65
PM03	67	69	69
PM04	67	68	68
PM05	68	68	67

4.1.2.3. ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO MODIFICADO PARA FÓSFORO TOTAL.

Tabla 4.15 Valores IET_m fósforo total

Puntos de Muestreo	IET _M Mensual		
	octubre	noviembre	Diciembre
PM01	87	90	95
PM02	87	90	92
PM03	88	90	90
PM04	89	92	87
PM05	88	91	89

4.1.2.4. ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO MODIFICADO TOTAL

Tabla 4.16 Valores IET_m Total

Puntos de Muestreo	IET _M Mensual		
	octubre	noviembre	Diciembre
PM01	81	83	83
PM02	81	83	83
PM03	80	84	83
PM04	81	83	81
PM05	81	82	81

Tabla 4.17 Valores IET_m total por mes

IETM TOTAL MENSUAL	PROMEDIO POR MESES
OCTUBRE	81
NOVIEMBRE	82
DICIEMBRE	82

Tabla 4.18 Valores IET_m total por puntos

IETM TOTAL POR PUNTOS	PROMEDIO POR PUNTOS
PM01	82
PM02	82
PM03	82
PM04	82
PM05	81

4.1.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS del IET

4.1.3.1. CLASIFICACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO DE ACUERDO A TOLEDO *et al.*, 1985

Tabla 4.19 clasificación trófica para cada uno de los puntos por mes de acuerdo a Toledo

Puntos	(IET _M) Toledo <i>et al.</i> , 1985 (Mensual)					
	octubre		noviembre		Diciembre	
PM01	81	Eutrófico	83	Eutrófico	83	Eutrófico
PM02	81	Eutrófico	83	Eutrófico	83	Eutrófico
PM03	80	Eutrófico	84	Eutrófico	83	Eutrófico
PM04	81	Eutrófico	83	Eutrófico	81	Eutrófico
PM05	81	Eutrófico	82	Eutrófico	81	Eutrófico

Tabla 4.20 Análisis de varianza con un factor en función del IET de los puntos de muestreo

ANOVA de un factor					
CONCENTRACIÓN					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	2,667	4	,667	,385	,815
Intra-grupos	17,333	10	1,733		
Total	20,000	14			

En el cuadro de resultados del ANOVA(análisis de varianza con un factor), el valor del estadístico de prueba, $F=0,385$ y una significancia de 0,815 por tanto no es significativo debido a que es superior a 0,05; lo cual indica que no existe variación entre los tres puntos correspondientes a los afluentes al reservorio por tanto todos aportan en igual magnitud al proceso de eutrofización y en los otros 2 puntos de medición se observa una disminución mínima del IET; esta reducción se debe a que aguas adentro del embalse existe mayor profundidad y por tanto más dispersión de los nutrientes.

4.1.3.2. CLASIFICACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO DE ACUERDO A LA OCDE 1982

Cuadro 4.21 clasificación trófica de todos los puntos de muestreo para PT, Cl a, transparencia en los 3 meses de muestreo

Puntos	fósforo u/l		clorofila a u/l		transparencia m	
PM01	652,3	Hipertrófico	39	Eutrófico	0,46	Hipertrófico
PM02	652,3	Hipertrófico	41	Eutrófico	0,40	Hipertrófico
PM03	652,3	Hipertrófico	46	Eutrófico	0,39	Hipertrófico
PM04	587,1	Hipertrófico	41	Eutrófico	0,47	Hipertrófico
PM05	619,7	Hipertrófico	40	Eutrófico	0,53	Hipertrófico

Cuadro 4.22 clasificación trófica todos los puntos de muestreo para PT, Cl a, transparencia en el mes de octubre

Puntos	fósforo u/l		clorofila a u/l		transparencia m	
PM01	521,8	Hipertrófico	56	Eutrófico	0,62	Hipertrófico
PM02	521,8	Hipertrófico	48	Eutrófico	0,49	Hipertrófico
PM03	554,4	Hipertrófico	37	Eutrófico	0,52	Hipertrófico
PM04	587,1	Hipertrófico	39	Eutrófico	0,53	Hipertrófico
PM05	554,4	Hipertrófico	40	Eutrófico	0,54	Hipertrófico

Cuadro 4.23 clasificación trófica todos los puntos de muestreo para PT, Cl a, transparencia en el mes de noviembre

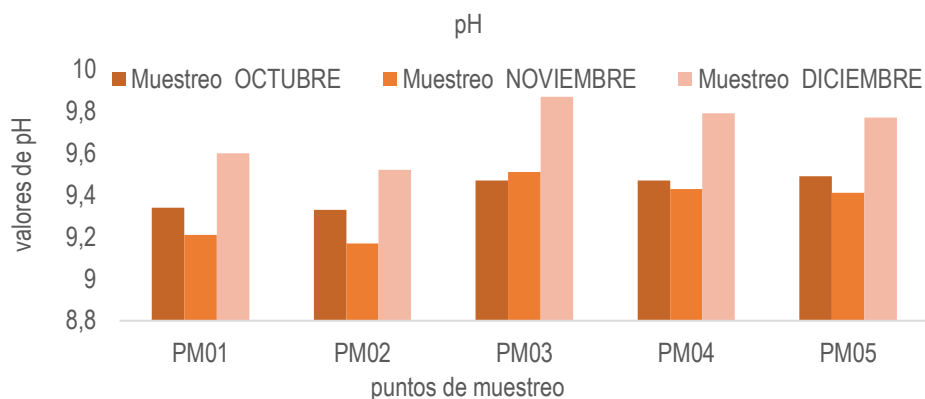
Puntos	fósforo u/l		clorofila a u/l		transparencia m	
PM01	652,28	Hipertrófico	39	Eutrófico	0,41	Hipertrófico
PM02	652,28	Hipertrófico	41	Eutrófico	0,39	Hipertrófico
PM03	652,28	Hipertrófico	48	Eutrófico	0,39	Hipertrófico
PM04	717,508	Hipertrófico	42	Eutrófico	0,47	Hipertrófico
PM05	684,894	Hipertrófico	40	Eutrófico	0,47	Hipertrófico

Cuadro 4.24 clasificación trófica todos los puntos de muestreo para PT, Cl a, transparencia en el mes de diciembre

Puntos	fósforo u/l		clorofila a u/l		transparencia m	
PM01	880,88	Hipertrófico	36	Eutrófico	0,46	Hipertrófico
PM02	750,12	Hipertrófico	32	Eutrófico	0,40	Hipertrófico
PM03	652,28	Hipertrófico	46	Eutrófico	0,39	Hipertrófico
PM04	521,82	Hipertrófico	41	Eutrófico	0,46	Hipertrófico
PM05	619,67	Hipertrófico	38	Eutrófico	0,53	Hipertrófico

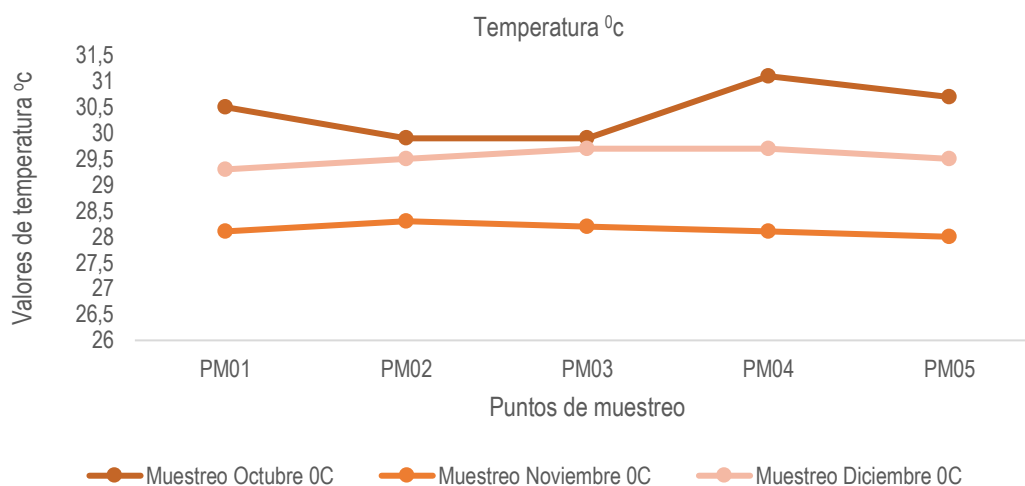
4.1.4. GRÁFICOS

Grafico 4.1. Representación gráfica de los valores de pH por cada punto en los diferentes meses.



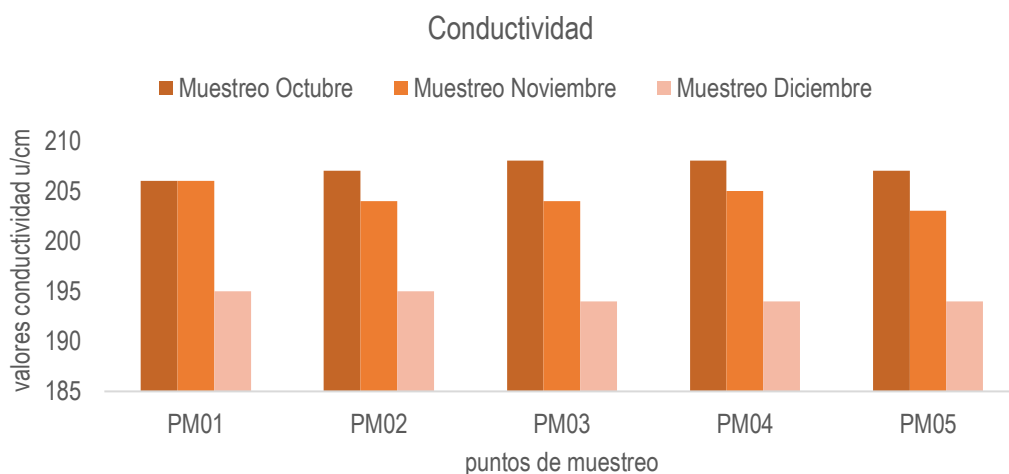
En el gráfico se muestran los valores de pH medidos en los diferentes muestreos; registrándose los mayores valores en el mes de diciembre, los cuales varían de 9,52 a 9,87 esto se debe al resultado del aumento de temperaturas o exceso de nutrientes en este mes, haciendo que los niveles de pH aumenten; mientras que en el mes de octubre varían entre 9,33 y 9,49 y en el mes de noviembre varían de 9,17 a 9,51; siendo en el punto 3 en diciembre el mayor valor de pH registrado y el menor valor registrado fue en el punto 2 en el mes de noviembre, sin embargo todos los resultados muestran un pH alcalino y no existe mayor variabilidad en los mismos.

Grafico 4.2. Representación gráfica de los valores de temperatura por cada punto en los diferentes meses.



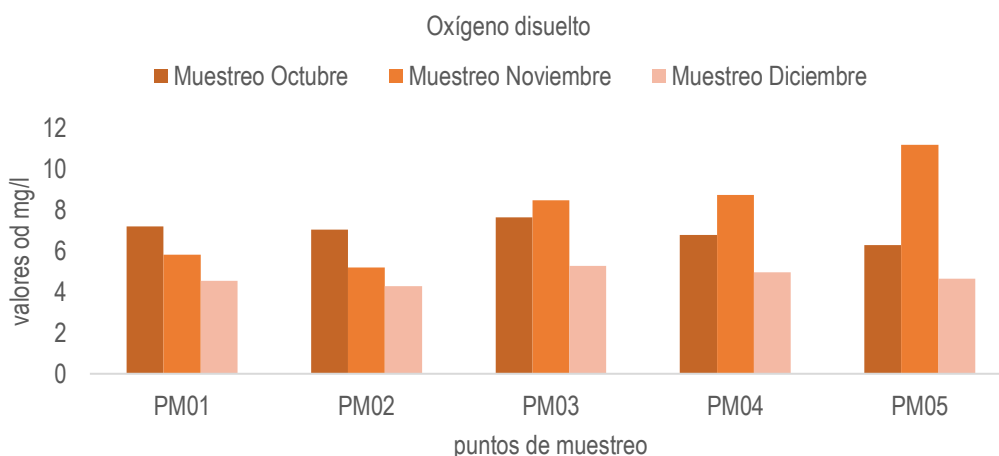
En el gráfico se muestran los valores de temperatura del agua de los diferentes puntos en cada uno de los meses de muestreo, los valores varían entre 28 y 31 grados, teniendo que la mayor variación de temperatura se apreció en el mes de octubre en el punto 5 siendo esta de 31,1 grados Celsius además en el mismo punto en el mes de noviembre se obtuvo la menor temperatura de 28 grados Celsius.

Grafico 4. 3. Representación gráfica de los valores de conductividad por cada punto en los diferentes meses.



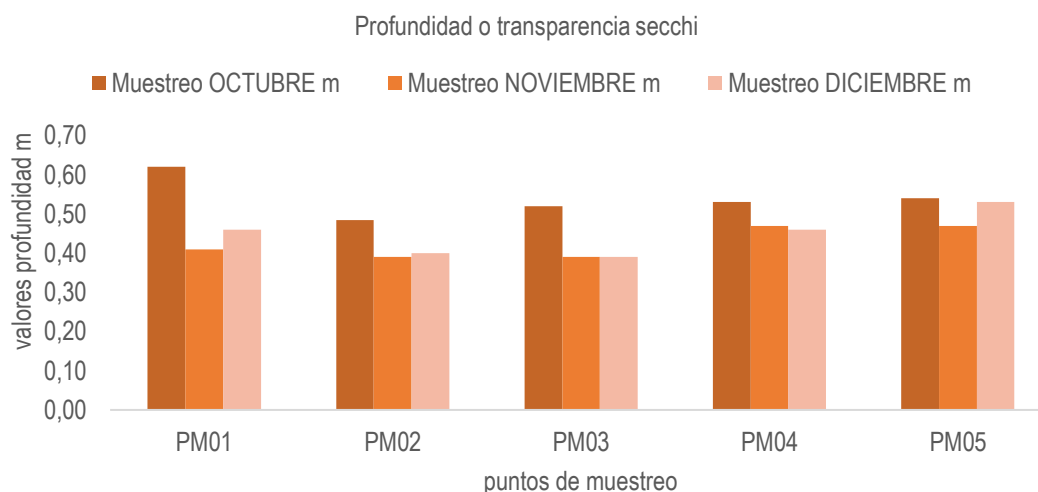
En el gráfico se muestran los valores de conductividad de los diferentes muestreos realizados, en el mes de octubre se registraron valores de conductividad constantes entre 203 y 208 $\mu\text{S}/\text{cm}$; mientras que en el mes de diciembre se apreció una disminución de la CE entre 194 y 195 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Grafico 4.4. Representación gráfica de los valores de oxígeno disuelto por cada punto en los diferentes meses.



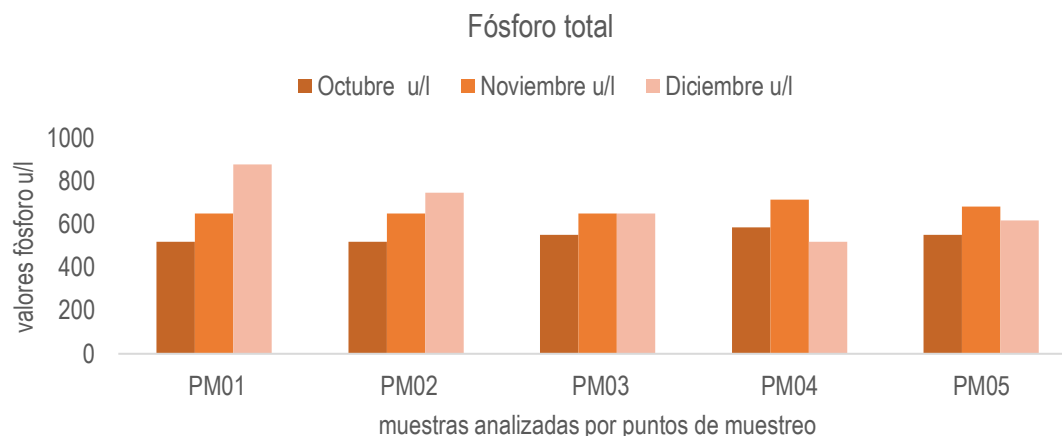
Los valores de OD en el mes de octubre oscilan entre 6,29 y 7,64 mg/l en los cinco puntos de muestreo, en el muestreo de noviembre se presentó un incremento significativo en el punto 5 de 11,18 mg/l esto se debe a que en este mes de muestreo se tuvo una temperatura menos elevada que el resto de los meses de muestreo y es aquí en este punto donde existe mayor proliferación de plantas acuáticas, algas y fitoplancton que producen también oxígeno como un subproducto del proceso de fotosíntesis; en el mes de diciembre se registró disminución del OD en todos los puntos de muestreo con valores de hasta 4,27 mg/l; ya que en este mes se registró una temperatura constante y elevada de hasta 30°.

Grafico 4.5. Representación gráfica de los valores de profundidad secchi por cada punto en los diferentes meses



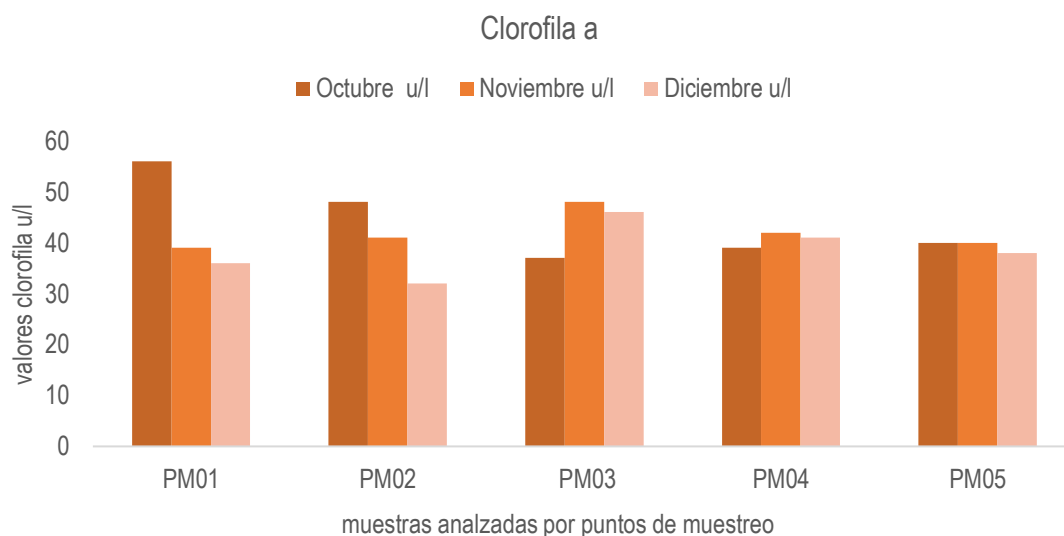
La transparencia medida con el disco secchi durante los 3 muestreos fue similar en los diferentes puntos teniendo la mayor transparencia en el punto 1 en el mes de octubre de 0,62 m y la menor transparencia registrada fue de 0,39 m en algunos puntos durante los meses de noviembre y diciembre.

Grafico 4.6. Representación gráfica de los valores de fósforo total por cada punto en los diferentes meses.



En las diferentes muestras analizadas durante todos los muestreos para la determinación de fósforo se encontraron altas concentraciones del mismo con valores que oscilan entre 521 y 880 u/l. Esto se debe a que todos los puntos de muestreo se encuentran rodeados de terrenos que se dedican al ganado vacuno cuyos desperdicios y fertilizantes utilizados para la tierra tienen grandes cantidades de fosfato.

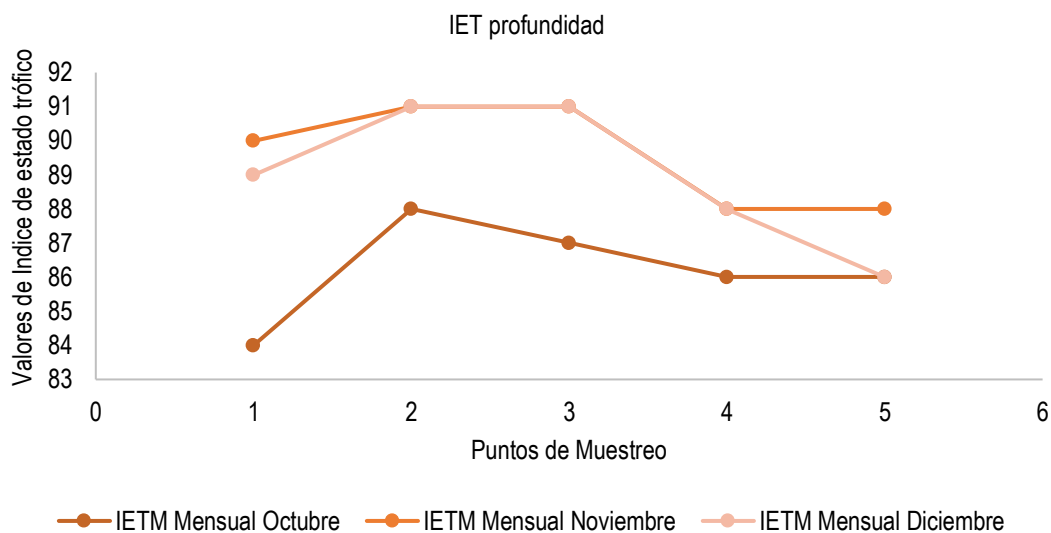
Grafico 4.7. Representación gráfica de los valores de clorofila *a* por cada punto en los diferentes meses.



Los valores de clorofila *a* oscilan entre 32 y 56 u/l en las diferentes muestras analizadas, el mayor valor se registra en el punto 1 en el mes de octubre y el menor valor de se registró en el mes de diciembre en el punto 2; las concentraciones de clorofila *a* disminuyeron en el punto 1 en los meses de

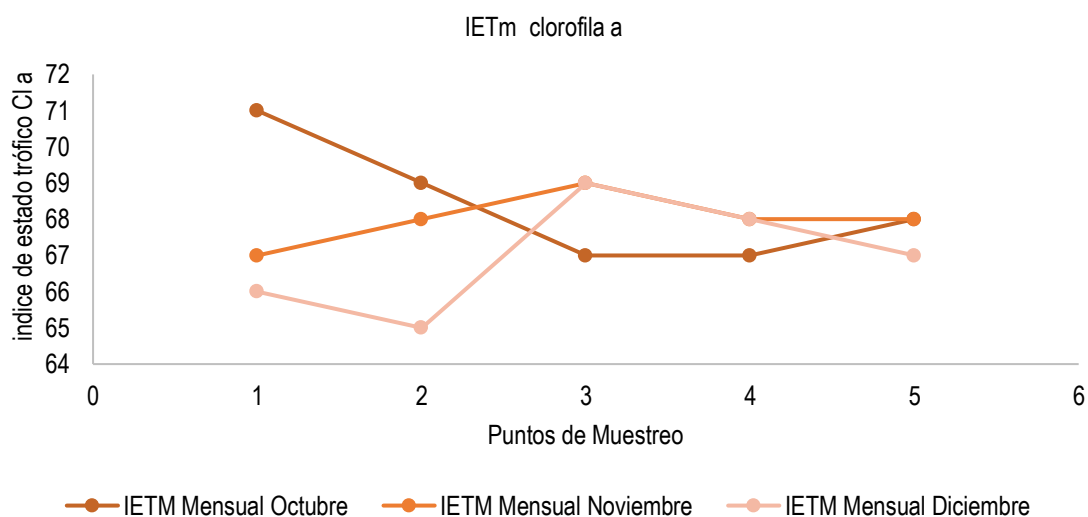
noviembre y diciembre en relación a octubre; las concentraciones de Cl a en los puntos restantes no se presentaron mayor variación.

Grafico 4.8. Representación gráfica de los valores de IETm Mensual profundidad secchi por cada punto en los diferentes meses.



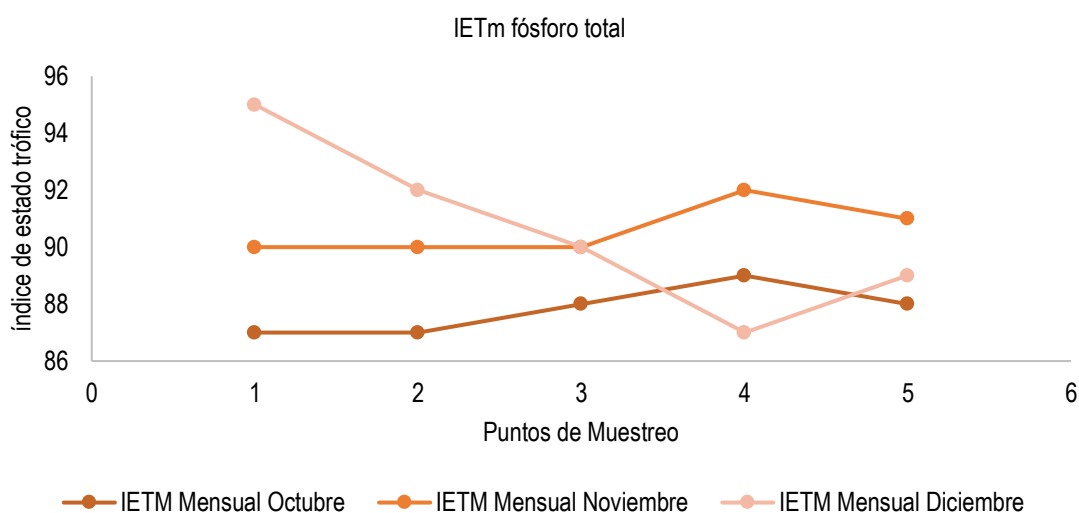
El índice de estado trófico para la profundidad se calculó a partir de la aplicación de la ecuación 3.3, obteniendo como resultado de esto un IET elevado para todos los meses, observando que la mayor variación se produce en el mes octubre con 84 y en el mes de noviembre con 90 para el punto 1; los valores correspondientes a los demás puntos no registran mayor variación en los diferentes meses.

Grafico 4.9. Representación gráfica de los valores de IETm clorofila a por cada punto en los diferentes meses.



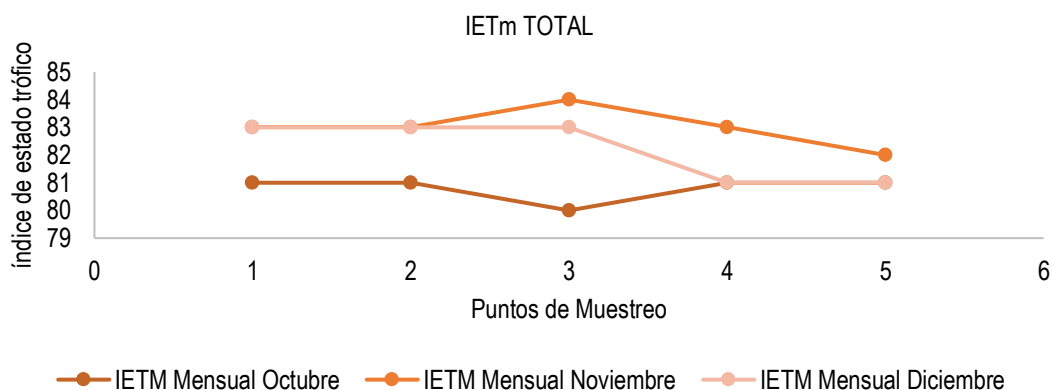
El índice de estado trófico para la clorofila *a* se calculó a partir de la aplicación de la ecuación 3.4, obteniendo como resultado de esto un IET elevado para todos los meses, observando que la mayor variación se produce en el mes octubre con 71 y en el mes de noviembre con 66 para el punto 1; los valores correspondientes a los demás puntos no registran mayor variación en los diferentes meses, ya que los valores oscilan entre 66 y 69.

Grafico 4.10. Representación gráfica de los valores de IET fósforo total por cada punto en los diferentes meses.



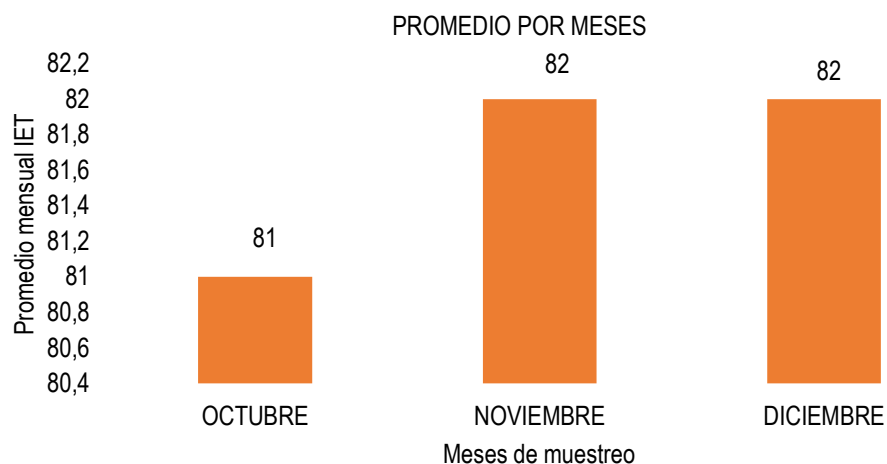
Los valores del IET para fósforo total se calcularon a partir de la aplicación de la ecuación 3.5, la mayor variación se presentó en el mes de diciembre entre el punto 4 con un IET de 87 y el punto 1 con 95; en el mes de noviembre los valores entre el punto 1,2 y 3 fueron de 90; mientras que en octubre el valor más elevado se presentó en el punto 4 con un IET de 89.

Grafico 4.11. Representación gráfica de los valores de IETm TOTAL por cada punto en los diferentes meses.



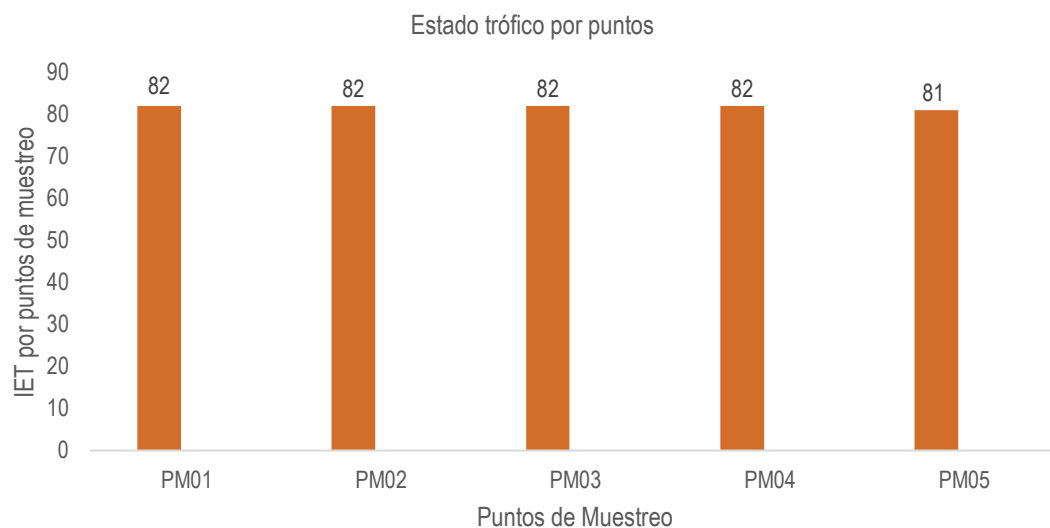
En el grafico se puede observar que no existen mayores variaciones en los resultados obtenidos del IET total, esto tanto en los meses de Oct, Nov y Dic; sin embargo los valores para los 3 meses son sumamente elevados ya que estos oscilan en un IET entre 80 y 84.

Grafico 4.12. Representación gráfica de los valores en promedio de estado trófico por los meses de muestreo



El promedio del IET mensual no presenta mayor variabilidad, en los meses de noviembre y diciembre se mantiene un promedio de 82 mientras que para el mes de octubre existe la mínima diferencia de promedio que es de 81.

Grafico 4.13. Representación gráfica de estado trófico por punto



El índice de estado trófico de los diferentes parámetros indicadores ha sido constante durante los 3 meses con una variabilidad no tan significativa sin embargo los resultados indican altas concentraciones de fósforo, poca transparencia, altos contenidos de clorofila *a*, por lo tanto según la clasificación de Toledo 1985, el embalse la Esperanza presenta un estado eutrófico durante los 3 meses de muestreo lo cual está indicado como un síntoma negativo para la productividad y hábitat de las especies que allí se desarrollan.

Grafico 4.14. Estado trófico según la OCDE para fósforo

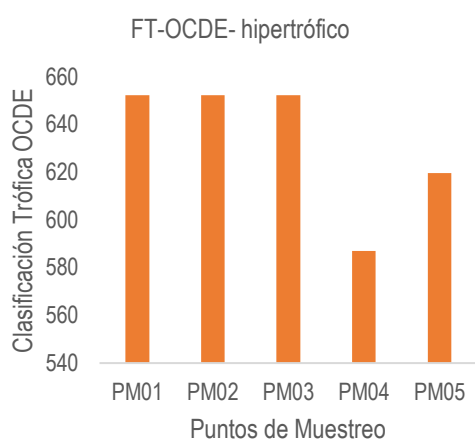


Grafico 4.15. Estado trófico según la OCDE para clorofila *a*

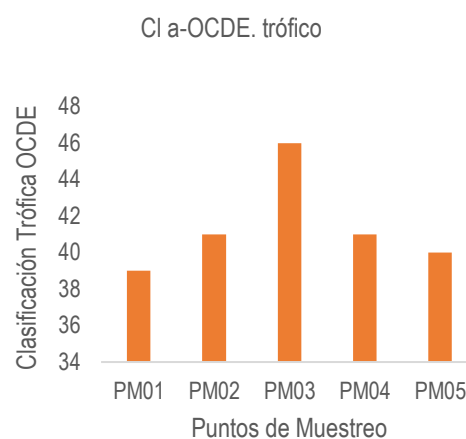
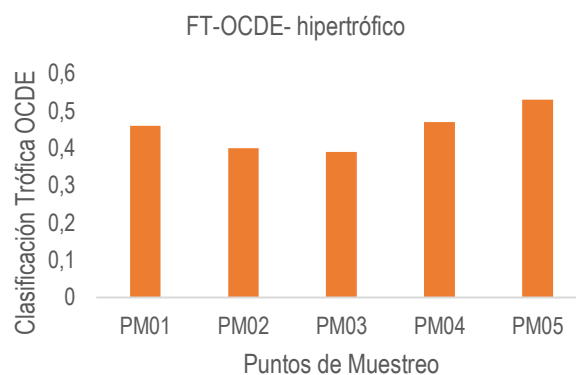


Grafico 4.16 Estado trófico según la OCDE para profundidad secchi



La OCDE tiene una estimación del nivel trófico mucho más estricta que el índice de estado trófico de Toledo sin embargo en el parámetro clorofila se puede observar que según esta clasificación se mantiene en un nivel eutrófico mientras que el parámetro fósforo y profundidad indican un estado hipertrófico en el agua

lo cual indica que se presenta un estado en el que la vida acuática se puede ver limitada por el exceso de nutrientes en este caso el fósforo y la proliferación de algas

4.2. DISCUSIÓN

En las mediciones mensuales de los diferentes parámetros físicos no se mostró mayor variabilidad; sin embargo se notó que el pH del agua en todas las mediciones era superior a 9 lo cual indica un potencial de hidrógeno alcalino. Investigaciones indican que los valores de pH comunes para aguas naturales oscilan entre 6,5 y 9. Según Nalms (2008) cuando existe un mayor crecimiento de algas y plantas por causa de aumentos en la temperatura o por el exceso de nutrientes, los niveles de pH pueden aumentar, esto también depende de la capacidad de amortiguación del embalse.

La temperatura medida en los tres periodos de muestreo fue constante; los valores variaban entre 25 y 30 grados, este parámetro tiene mucha significancia en cuanto a la eutrofización que se pueda dar en un embalse, es el factor que más influencia tiene en los lagos, juega un papel importante en la distribución, periodicidad y reproducción de los organismos acuáticos (Moreta, 2008). La temperatura ejerce una influencia importante sobre la actividad biológica, contribuyendo también a la proliferación de algas que al descomponerse podrían reducir el oxígeno y así afectar a la vida acuática (Niñerota *et al*, 2003).

La conductividad eléctrica no presentó mayor variabilidad durante los meses de octubre y noviembre la cual oscilaba entre 200- 208 $\mu\text{S}/\text{cm}$ mientras que en el mes de diciembre osciló entre 194-195 $\mu\text{S}/\text{cm}$, este parámetro calcula la cantidad de sales totales disueltas (TDS), o la cantidad total de iones disueltos en el agua. Además al existir elevadas temperaturas que provocan la evaporación del agua de la superficie de un embalse se concentran los sólidos disueltos en el agua restante por lo que tiene una conductividad eléctrica (CE) superior (Aranda, 2004).

El OD en el agua es determinante para el desarrollo de las diversas especies, un proceso físico que afecta a las concentraciones de OD es la relación entre la temperatura del agua y la saturación de gas. El agua fría puede contener más de cualquier gas, en este caso el oxígeno, que el agua más caliente, lo cual indica que a mayor temperatura, menor oxígeno en la superficie del embalse (Nalms, 2008); en las mediciones realizadas en el embalse La Esperanza tuvieron una mayor variación en el muestreo del mes de diciembre siendo la cantidad de OD menor que en los muestreos anteriores; esto se debió a que la temperatura en este mes fue de 29°C es decir menor a la de los otros dos meses anteriores.

El valor de la transparencia, medida con el disco de Secchi, sirve como una estima de la extinción de la luz en el agua; es una manera rápida que nos sirve para saber cuándo, cómo y hasta qué punto debemos tratar el cuerpo de agua para que cumpla con la especificación requerida. Las mediciones realizadas muestran que la transparencia del agua del embalse solo se aprecia de manera muy superficial lo cual indica que existe estratificación en las zonas más profundas del embalse; es decir que hay demasiada materia orgánica en el fondo del lago. Todo esto debido a la abundancia de nutrientes que hace que haya un crecimiento desmesurado de fitoplancton lo que conlleva a que exista agua turbia y que las plantas acuáticas queden sumergidas en la oscuridad (Moreta, 2008).

Los parámetros como el fósforo y la clorofila en relación con la profundidad, relacionados entre sí son indicadores del estado trófico, en referencia al fósforo los valores del mismo en las diferentes mediciones son ligeramente elevadas (los mismos que van desde 587,1 u/l hasta 652,3 u/l) esto se debe a que la mayoría de los habitantes de la zona se dedican a la agricultura donde utilizan fertilizantes que por lixiviación o escorrentía se arrastran residuos hasta las aguas del embalse y de esta manera influyen en el aumento de este nutriente, los valores de clorofila *a* son en su mayoría constantes en todos los muestreos (éstos van desde 39 u/l hasta 46 u/l) , notándose así que existe proliferación de las aguas del embalse y consecuentemente provocando eutrofización del agua.

El índice de estado trófico ha sido constante durante los 3 meses con una variabilidad no tan significativa de 1 a 3 en promedio por meses y puntos de muestreo; sin embargo los resultados indican que el embalse se encuentra en un estado eutrófico con altas concentraciones de fósforo y fitoplancton los cual afecta la vida acuática que se desarrolla en este ecosistema; Este estado se caracteriza por altas concentraciones de nutrientes que dan como resultado el crecimiento de algas, agua turbia, y los bajos niveles de oxígeno disuelto (EPA, 2012).

Tanto la clasificación de estado trófico de Toledo, 1982 como la OCDE clasifican un estado trófico e hipertrófico para el embalse Sixto Duran Ballén; considerando que la OCDE tiene clasificación aplicada a ecosistemas de zonas templadas. El estado que presenta el embalse puede estar dado principalmente por la influencia de las actividades antropogénicas ya que muchos de los habitantes cercanos al embalse utilizan insecticidas y fertilizantes en sus cultivos los cuales contribuyen al enriquecimiento de nutrientes en el agua.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Las concentraciones de los diferentes parámetros medidos durante las 3 jornadas de muestreo fueron constantes y no registraron mayor variación, sin embargo en todas las mediciones se obtuvo un pH alcalino, y en el mes de diciembre existió una disminución en los valores del oxígeno disuelto; este fenómeno puede estar dado por aumentos de temperatura que contribuyen a la proliferación de plantas y algas lo cual aumenta el potencial de hidrogeno y disminuyen el oxígeno en el agua.
- Los valores del índice de estado trófico tanto para fósforo, clorofila y transparencia son elevados; lo cual indica que existen altas concentraciones de fósforo, poca transparencia, altos contenidos de clorofila *a*; esto se debe a que en esta época que es seca los pobladores de los alrededores del Embalse hacen mayor uso de pesticidas y fertilizantes aplicados a los suelos y el riego agrícola de los cultivos; esto hace que exista una mayor aportación principalmente de fósforo al embalse.
- El embalse Sixto Duran Ballén según la clasificación trófica de Toledo, 1985 presenta un estado eutrófico lo cual indica que existe una abundancia de nutrientes esto conlleva a que se produzca una alta productividad biológica, poca claridad del agua y así esta deje de ser apta para la mayor parte de los seres vivos, el resultado final es un ecosistema casi destruido. Mientras que la clasificación de la OCDE lo clasifica como un embalse hipertrófico sin embargo esta clasificación se utiliza para estimar la eutrofización de embalses en zonas templadas, donde el fenómeno de eutrofización se da de una forma diferente a las zonas tropicales.

5.2 RECOMENDACIONES

- El agua del embalse La Esperanza presenta condiciones eutróficas, debido a que los afluentes que alimentan al mismo aportan una excesiva cantidad de nutrientes y minerales que hacen que esta agua desde el punto de vista químico sea un agua dura, dado que la conductividad eléctrica permite evaluar rápida pero muy aproximadamente la mineralización global del agua. Esto se debe a que la mayoría de la población que habita en sus alrededores se dedica por herencia principalmente a la agricultura y ganadería. Es importante considerar que la cría de animales; los fertilizantes y plaguicidas utilizados en los cultivos cercanos al embalse aportan a la aceleración del proceso de eutrofización por lo que se debe indagar en este tema para determinar cuanta es la incidencia de estas actividades en el estado trófico.
- Mediante la utilización de los índices de estado trófico se pudo determinar que el agua del embalse se encuentra en un estado eutrófico, lo que significa que exista una concentración de nutrientes en los lagos, que da lugar a un crecimiento exagerado de algas y malezas acuáticas en las aguas. Lo más eficaz para luchar contra este tipo de contaminación es disminuir la cantidad de fosfatos y nitratos en los vertidos, usando detergentes con baja proporción de fosfatos, empleando menor cantidad de detergentes, no abonando en exceso los campos, usando los desechos agrícolas y ganaderos como fertilizantes, en vez de verterlos.
- Se deben realizar evaluaciones periódicas del estado trófico del embalse, para obtener datos del comportamiento trófico del mismo, considerando que no se han realizado investigaciones antecesoras de este tipo en el lugar; además establecer más puntos de muestreo en cada uno de los lugares estratégicos escogidos para ser analizados; basándose en otra metodología de estudio, la cual permita obtener datos representativos del lugar de estudio y tener una mayor exactitud del comportamiento de los nutrientes dentro de la zona de estudio.

BIBLIOGRAFIA

- Abella, J y Martínez, M. 2012. Contribución de un afluente tributario a la eutrofización del lago de tota .Revista Colombiana de Química. 41(2):243-261.
- Albarca, F. 2006. Técnicas para evaluación y monitoreo del estado de los humedales y otros ecosistemas acuáticos. (En línea). Consultado 14 de octubre 2015. Formato PDF. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/533/tecnicas.pdf>
- Aranda, N. 2004. Eutrofización y calidad del agua de una zona costera tropical. Tesis. Doctor en Ciencias del Mar. Universitat de Barcelona. Barcelona. ES. p 230.
- Aznar, R. 2007. El fósforo como elemento limitante. (En línea). Consultado 20 de octubre 2015. Formato PDF. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/47608515/El-fosforo-como-elemento-limitante-2007>
- Briceño, E. 2008.Eutrofización. Formato html. Consultado 13 de Julio de 2015 En línea. Disponible en:<http://www.ecuadorambiental.com/consultores-ecuador.php?p=17>
- Buitrón, R. 2012. Realidad ambiental de la provincia. (En línea).EC. Consultado, 13 de jul. 2015 .Formato html. Disponible en: <https://romoced.wordpress.com/>
- Carrillo, P. 2012. Comportamiento del oxígeno disuelto en dos estaciones costeras la libertad y manta, como aporte al conocimiento del fenómeno “el niño”. EC. En línea. Consultado el 23 de julio 2015. Formato PDF. Disponible en: http://www.inocar.mil.ec/docs/actas/oce17/oce1701_2.pdf
- Chalar G, 2007. Dinámica de la eutrofización a diferentes escalas temporales en el Embalse de Salto grande. Montevideo, UR. Instituto Internacional de Ecología Brasileño. 87-101

- CRE (Constitución de la república del Ecuador).2008.Titulo II “Derechos”, Capitulo segundo “Derechos del buen vivir”, Sección segunda “Ambiente sano”, Artículo 14.
- Dimberg, P; Bryhn, A; Hytteborn J. 2013. Probabilities of monthly median chlorophyll-a concentrations in subarctic, temperate and subtropical lakes. ELSEVIER.Environmental Modelling and Software 41 (2013) 199e209.
- Dodds, W.2007. Trophic state, eutrophication and nutrient criteria in streams.USA. . En Línea. Consultado 21 de Julio de 2015. Formato PDF. Disponible en: http://www.owrb.ok.gov/quality/standards/pdf_standards/scenicrivers/Dodds%202007.pdf
- EL UNIVERSO, 2014. Contaminación en río que da agua al 70% de Manabí. Formato html. Consultado 13 de Julio de 2015 En línea. Disponible en:<http://www.eluniverso.com/noticias/2014/04/10/nota/2662551/contaminacion-rio-que-da-agua-70-manabi-se-pide-emergencia>
- EPA (Environmental Protection Agency, USA).2012. Indicadores de estado trófico en agua. Boletín 104. p 3
- FEM(Fundamentals of environmental measurements). 2015. Water Temperature. En línea. Consultado el 23 de Julio 2015. Formato html. Disponible en: <http://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/water-temperature/>
- Fontúrbel, F. 2003. Algunos criterios biológicos sobre el Proceso de eutrofización a orillas De seis localidades del lago titikaka. (En línea). La Paz, BO. Revista Scielo. Consultado 9 de octubre 2015. Formato PDF. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v2n1/a11v2n1.pdf>
- González, E., Ortaz, M., Peñaherrera, C., & Matos, M. L. (2004). Fitoplancton de un embalse tropical hipereutrófico (Pao-Cachinche, Venezuela): Abundancia, biomasa y producción primaria. VE. *Interciencia*, 29(10), 548-555.
- Government of Alberta. 2015. Lake Water Trophic Status. CA. En Línea. Consultado 21 de Julio de 2015. Formato html. Disponible en: <http://aep.alberta.ca/water/programs-and-services/surface-water-quality-program/default.aspx>

- Granizo, F. 2011. Estado trófico de la laguna de limoncocha. Tesis. Ing. Ambiental. UIDE. Quito, EC. p 95.
- Jiménez, O., Farias, H, & Rodríguez, C. 2005. Procesos de sedimentación en embalses en ambientes tropicales. CR y RD. Ingeniería del agua, 12(3).
- Ledesma, C; Bonansea, M; Rodríguez, C; Sánchez A. 2013. Determinación de indicadores de eutrofización en el embalse Río Tercero, Córdoba. (Argentina). Revista Ciencia Agronómica. Formato PDF. Consultado 13 de Julio de 2015 En línea. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/rca/v44n3/a02v44n3.pdf>
- Lundberg, D; McMillan, B .2014. Limnología: Índice Estado trófico de Carlson. USA. (En línea). Formato html. Consultado 20.Jul 2015. Disponible en://www.gallaudet.edu/stm/research_programs/chemistry_and_physics_research/limnology_carlsons_trophic_state_index
- Moraes, E; Resende, L; Barbosa, C; Araujo, C; Deleles, C. 2013. Proposal for a remote sensing trophic state index based upon Thematic Mapper/Landsat images. (En línea). Formato PDF. BR. Consultado 20. Jul 2015. Disponible en:<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v8n3/v8n3a06.pdf>
- Moreno, D y Ramírez, J. 2010. Variación temporal de la condición trófica del lago del parque norte, Medellín (Antioquia). CO. (En línea). Formato PDF. Consultado 20. Jul 2015. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/acbi/v32n92/v32n92a7.pdf>
- Moreno, D; Quintero, J; López A. 2010. Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. Instituto de Ciencia y Tecnología. Distrito Federal, MX. p 25-33.
- Moreta, J. 2008. La eutrofización de los Lagos y sus consecuencias. Tesis. Tlgo. Saneamiento Ambiental. Universidad técnica del norte, facultad ciencias de la salud. Ibarra, EC. p 93.
- NALMS, (Sociedad de Gestión del Lago de América del Norte, USA). 2008. Eutrofización de los lagos. Boletín 103. p 8.

Niñerota, D; Pomares, J; Dolz, J.2003. Alteración que presenta la temperatura del agua por la existencia de embalses. Tesis. Ing. Ambiental.Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, ES. p 101.

Nolen, J. 2015. Ecuaciones de estado trófico. USA. (En línea). Formato html. Consultado 20. Jul 2015. Disponible en: <http://www.secchidipin.org/index.php/monitoring-methods/trophic-state-equations>

ONU-DAES (Departamento de asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas).2014. Calidad de Agua. Formato html. Consultado 13 de Julio de 2015 En línea. Disponible en: <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>

Ordoñez, J. 2011. Limnología del embalse de Sau. Relaciones del zooplancton, la clorofila y los sólidos en suspensión con el clima lumínico del agua. ES. (En línea). Formato PDF. Consultado 16 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://www.tdx.cat/handle/10803/1449>

Ortiz, C. 2011. Estudio ecosistémico del lago de Pátzcuaro. MX. (En línea). Formato PDF. BR. Consultado 21. Jul 2015. Disponible en: http://www.academia.edu/7657826/Estudio_Ecosist%C3%A9mico_del_lago_de_P%C3%A1tzcuaro

Pena, L; Ferreira, C; Almeida, M. 2004. PR. (En línea). Formato PDF. BR. Consultado 21. Jul 2015. Disponible en:<http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/tocan.pdf>

Peñaherrera, D. 2010. Estudio sobre el estado trófico actual de la Laguna de Limoncocha. (En Línea). Quito EC. (Doctoral dissertation, Universidad Internacional SEK). Consultado 9 de octubre 2015. Formato PDF. Disponible en: <http://repositorio.uisek.edu.ec/jspui/handle/123456789/417>

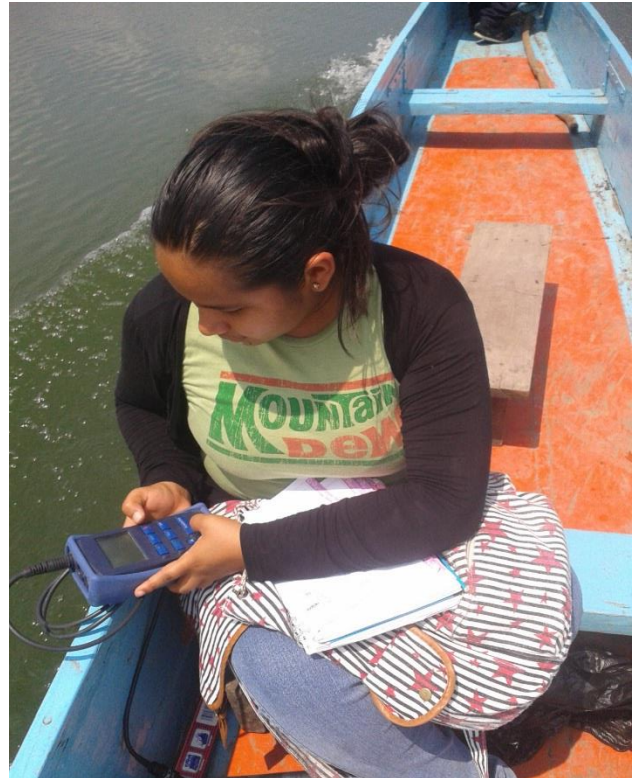
Pereira, K. 2001. Aplicação De Modelo Simplificado Para Avaliação Do Estado Trófico No Reservatório De Duas Unas, Pernambuco .BR. En Línea. Consultado 27 de mayo de 2015 . Formato PDF. Disponible en: <http://www.ib.usp.br/limnologia/textos/Estado%20trofico%20simplificado.pdf>

- Perlman, H. 2015. Water properties. En Línea. Consultado 21 de Julio de 2015. Formato html. Disponible en:<http://water.usgs.gov/edu/dissolvedoxygen.html>
- Romero, M. 2010. Proceso de eutrofización de afluentes y su prevención por medio de tratamiento de efluentes. GUA. Revista Electrónica Ingeniería Primero-ISSN, vol. 2076, p. 3166
- Sánchez, O. 2007. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. Instituto Nacional de Ecología.
- Velásquez, J; Jiménez, G; Sepúlveda, M. 2007. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CIÉNAGA COLOMBIA. CAUCASIA ANTIOQUIA. CO. En Línea. Consultado 27 de mayo de 2015 . Formato PDF. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/1694/169419796015.pdf>
- Zapata, G; Orozco, L; Cantera, J; Castaño, A; Cardona, D; Sánchez, I. 2012. Metodología para determinar niveles de eutrofización en ecosistemas acuáticos. CO. En Línea. Consultado 27 de mayo de 2015 . Formato PDF. Disponible en: <http://www.asociacioncolombianadecienciasbiologicas>.

ANEXOS



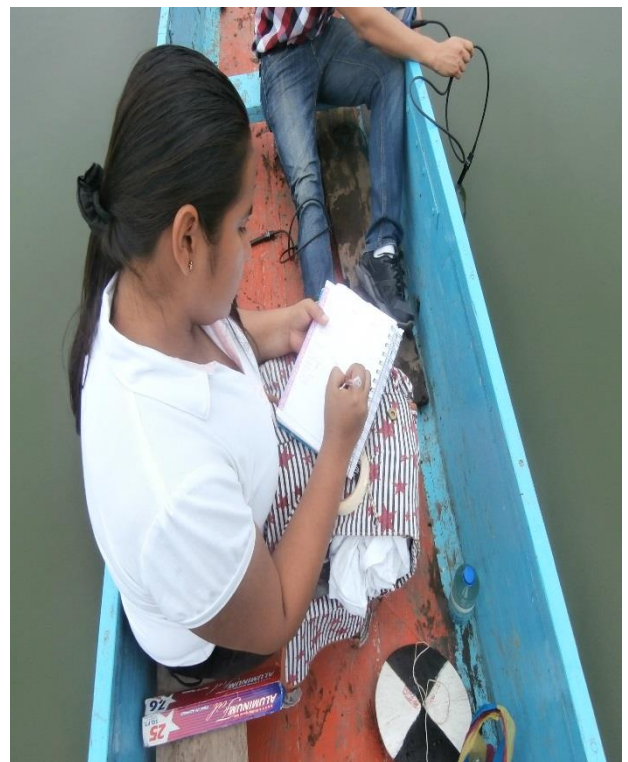
Anexo 1. Medición de transparencia



Anexo 2. Medición de parámetros in situ



Anexo 3. Muestras a analizar



Anexo 4. Anotación de resultados



ANEXO 5. Recogida de muestras de agua



ANEXO 6. Filtración de Muestras



ANEXO 7. Extracción de concentrado de clorofila



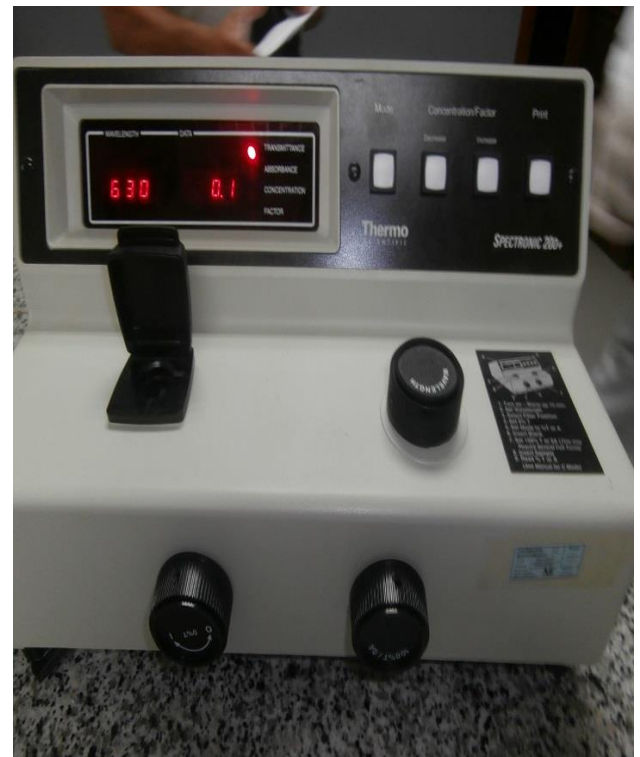
Anexo 8. Análisis de laboratorio



Anexo 9. Centrifugación de muestras



Anexo 10. Determinación de clorofila



Anexo 11. Espectrofotómetro

Anexo 12. Certificación de los análisis realizados de Clorofila a en los laboratorios del área Agropecuaria de la ESPAM MFL



ESPAM MFL

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ

Laboratorio de Química del Área Agropecuaria

Calceta 09 de junio, 2016

CERTIFICACIÓN

Por medio de la presente certifico que Belkis Virginia Sabando Vergara CI 1314816305 y Joselyn Yeritza Moreira Santos CI 1314295625 estudiantes de la carrera de Medio Ambiente de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "MFL", realizaron análisis de Clorofila *a* (15 muestras) en el laboratorio de Química del área agropecuaria durante el periodo sept 2015 - Enero 2016 para la ejecución de la tesis de grado "Determinación del nivel de eutrofización del embalse Sixto Duran Ballén, mediante índices de estado trófico".

Análisis que se realizaron bajo la supervisión del personal técnico del laboratorio, desempeñándose de forma satisfactoria.

Particular que me suscribe a usted para los fines legales pertinentes.

Atentamente

Q.F. Johnny Bravo

JEFE DEL LAB. QUÍMICA DEL ÁREA AGROPECUARIA

Anexo 13. Certificación de los análisis realizados de Fosfatos en los laboratorios del área Agroindustrial de la ESPAM MFL



ESPAM MFL

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ

Laboratorio de Química Ambiental y suelos

Calceta 09 de junio, 2016

CERTIFICACIÓN

Por medio de la presente certifico que Belkis Virginia Sabando Vergara CI 1314816305 y Joselyn Yeritza Moreira Santos CI 1314295625 estudiantes de la carrera de Medio Ambiente de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "MFL", realizaron análisis de Fosfatos (15 muestras) en el laboratorio de química ambiental del área agroindustrial durante el periodo sept 2015 - Enero 2016 para la ejecución de la tesis de grado "Determinación del nivel de eutrofización del embalse Sixto Duran Ballén, mediante índices de estado trófico".

Análisis que se realizaron bajo la supervisión del personal técnico del laboratorio, desempeñándose de forma satisfactoria.

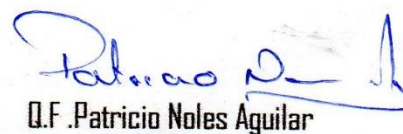
Particular que me suscribe a usted para los fines legales pertinentes.

Atentamente


Ing. Fabián Peñarrieta Macías

TÉCNICO




Q.F. Patricio Noles Aguilar

COORDINADOR DEL LAB. QUÍMICA AMBIENTAL