



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

EVALUACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO EN AGUAS SUPERFICIALES DE  
USO AGRÍCOLA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO PALENQUE

OLAYA SIGUENZA ERICK ALEXANDER  
INGENIERO QUÍMICO

MACHALA  
2021



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

EVALUACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO EN AGUAS  
SUPERFICIALES DE USO AGRÍCOLA DE LA MICROCUENCA  
DEL RÍO PALENQUE

OLAYA SIGUENZA ERICK ALEXANDER  
INGENIERO QUÍMICO

MACHALA  
2021



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

TRABAJO TITULACIÓN  
TRABAJO EXPERIMENTAL

EVALUACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO EN AGUAS SUPERFICIALES DE USO  
AGRÍCOLA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO PALENQUE

OLAYA SIGUENZA ERICK ALEXANDER  
INGENIERO QUÍMICO

GONZALEZ CARRASCO VICTOR HUGO

MACHALA, 24 DE SEPTIEMBRE DE 2021

MACHALA  
2021

# Evaluación del estado trófico en aguas superficiales de uso agrícola de la microcuenca del Río Palenque

## INFORME DE ORIGINALIDAD

3%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Fuente de Internet	<1 %
2	Helen M. Jones, Gillian E. Simpson, Alan J. Stickle, David G. Mann. " Life history and systematics of (Bacillariophyta), with special reference to British waters ", European Journal of Phycology, 2005 Publicación	<1 %
3	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	<1 %
4	Submitted to Universidad de Málaga - Tii Trabajo del estudiante	<1 %
5	<a href="http://repositorio.unan.edu.ni">repositorio.unan.edu.ni</a> Fuente de Internet	<1 %
6	<a href="http://www.ecolex.org">www.ecolex.org</a> Fuente de Internet	<1 %
7	<a href="http://dspace.ucuenca.edu.ec">dspace.ucuenca.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, OLAYA SIGUENZA ERICK ALEXANDER, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado EVALUACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO EN AGUAS SUPERFICIALES DE USO AGRÍCOLA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO PALENQUE, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 24 de septiembre de 2021



OLAYA SIGUENZA ERICK ALEXANDER  
0707057170

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo en primer lugar a mi abuela María Lupú por su enorme paciencia y comprensión, por el apoyo brindado en los momentos difíciles de la vida, por reforzar mi confianza y enseñarme valores desde mi infancia, siendo el pilar principal durante todos estos años de aciertos y errores, por cuidar de mi bienestar en especial durante el transcurso de mi carrera universitaria. A mi madre Verónica Siguenza por ser un ejemplo de perseverancia y firmeza ante los obstáculos del día a día, por sus consejos y permanecer atenta a los pequeños detalles que mantienen a la familia unida. A mi padre Erick Olaya por inspirarme a ser mejor personalmente, al motivarme y darme a conocer la importancia del conocimiento y la responsabilidad que conlleva ser profesional.

**Erick Alexander Olaya Siguenza**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi familia que ha estado siempre apoyándome durante el transcurso de la carrera y ha sabido brindarme de su apoyo de manera incondicional, por hacerme sentir a gusto y confiado durante una conversación, por escucharme, respetar mi opinión y ofrecer sus consejos con la gentileza y calidez que los caracterizan.

A mi tutor el Dr. Víctor Hugo Gonzales por ser un guía y amigo, por el tiempo prestado durante el proceso de titulación al demostrar su profesionalismo y dedicación. A los especialistas que me han acompañado en este proceso de revisión de mi informe y contribuir con sus conocimientos y experiencias, así como a todos los docentes que me han transmitido sus enseñanzas y lecciones aprendidas en cada periodo académico.

**Erick Alexander Olaya Siguenza**

## RESUMEN

El Río Palenque forma parte de las vertientes del pacífico que se origina entre las cordilleras de Chilla y Campo Real el cual tiene una longitud aproximada de 23 km antes de formar parte del Estero Motuche, siendo su disposición final, el canal de Jambelí. Su caudal es destinado para uso agrícola o riego, aunque también abastece de agua a comunidades rurales como Campo Real o la parroquia Palenque. El río se caracteriza por poseer una cuenca poco profunda, estar bajo la influencia del sector agrícola y sobre todo la contaminación provocada por la descarga indiscriminada de aguas no depuradas originadas en las lagunas de oxidación del sector La Sabana, y El Cangrejo de la ciudad de Pasaje. El objetivo del estudio consiste en comparar los parámetros analizados con la normativa de calidad ambiental y de descargas de efluentes del recurso agua establecida en el TULSMA, edición N° 387 del año 2015, así como evaluar el estado trófico en cada una de las estaciones de muestreo de la microcuenca, seleccionados estratégicamente usando la aplicación google Maps. El estudio fue dividido en 6 campañas de muestreo durante la época más fría en la provincia de El Oro, se seleccionaron 5 estaciones de muestreo a lo largo del recorrido de la microcuenca, tomando en cuenta los puntos de descarga, o canales colectores de poblados como Campo real, Palenque, de zonas urbanas de la ciudad de Pasaje y el sector agrícola que convergen en la microcuenca causando alteraciones medioambientales.

En cuanto al cumplimiento de la normativa nacional, las aguas del río Palenque son aptas para el uso agrícola o riego en los parámetros de pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales y nitratos. Sin embargo, en los parámetros de materia flotante, aceites y grasas, se pudo evidenciar conglomerados de basura y película de aceite sobre la superficie del agua en las últimas dos estaciones de muestreo. Previo a la determinación del estado trófico se evaluó las variables que influyen en el índice, mediante la comparación de los datos obtenidos con estudios relacionados, reportados por otros autores. Así mismo se realizó una identificación de vegetación subacuática, considerados como malezas y especies invasoras muy comunes en aguas tróficas e hipertróficas. Mientras que mediante el uso del índice trófico por nutrientes de Michael Karydis y sus colaboradores, establecido en el año 1982, modificado para fósforo total, el cual demostró que el agua de la microcuenca del Río Palenque en todos los puntos o estaciones de

muestreo se encuentran en estado mesotrófico con valores que varían entre 3.67 – 4.12, mostrando un deterioro progresivo o el arrastre significativo del nutriente a través de las aguas superficiales de la microcuenca. Sin embargo, la normativa canadiense de clasificación trófica para aguas de ríos y lagos establece que las concentraciones superiores a 0,10 mg/L de fósforo total son características del estado hipertrófico, contrastando con el índice usado en este estudio, debido a que se reportaron concentraciones mínimas de 1.78 mg/L y máximas de 8.47 mg/L, muy superiores a lo establecido en la normativa canadiense.

**Palabras clave:** Eutrofización, estado trófico, Río Palenque, laguna de oxidación, fósforo total.

## ABSTRACT

The River Palenque form splits of the slopes of the peaceful that originates between the mountain ranges of Chilla and Campo Real which has an approximate length of 23 km before forming part of the Estero Motuche, being his final disposal, the channel of Jambelí. His discharge is allocated for agricultural use or irrigation, although it also resupplies of water to rural communities like Real Field or the parish Palenque. The river characterizes for possessing a little deep basin, be under the influence of the agricultural sector and especially the pollution caused by the download indiscriminada of waters no debugged originated in the lagoons of oxidation of the sector La Sabana, and El Cangrejo of Pasaje city. The aim of the study consists in comparing the parameters analyzed with the rule of environmental quality and of downloads of effluents of the resource waters established in the TULSMA, edition Number 387 of the year 2015, as well as evaluate the state trófico in each one of the stations of sampling of the microcuenca, selected strategically using the application google Maps. The study was divided in 6 campaigns of sampling during the coldest period in the province of El Oro, selected 5 stations of sampling along the route of the microcuenca, taking in account the points of download, or channels manifolds of populated like Campo Real, Palenque, of urban zones of Pasaje city and the agricultural sector that converge in the microcuenca causing environmental alterations.

Regarding the fulfillment of the national rule, the waters of the river Palenque are apt for the agricultural use or irrigation in the parameters of pH, electrical conductivity, been used to dissolved total and nitrates. However, in the parameters of floating matter, oils and fats, they showed conglomerates of trash and film of oil on the surface of the water in the last two stations of sampling. Previous to the determination of the state trófico evaluated the variables that influence in the index, by means of the comparison of the data obtained with studies related, reported by other authors. Likewise it realized an identification of underwater vegetation, considered like malezas and species invasoras very common in waters tróficas and hipertróficas. Whereas by means of the use of the index trófico by nutrients of Michael Karydis and his collaborators, established in the year 1982, modified for total phosphorus, which showed that the water of the microcuenca of the River Palenque in all the points or stations of sampling find in state mesotrófico

with values that vary between 3.67 - 4.12, showing a progressive deterioration or the drag significant of the nutrient through the superficial waters of the microcuenca. Sim embargo, the Canadian rule of classification trófica for waters of rivers and lakes establishes that the upper concentrations to 0,10 mg/L of total phosphorus are characteristics of the state hipertrófico, contrasting with the index used in this study, due to the fact that they reported minimum concentrations of 1.78 mg/L and maximum of 8.47 mg/L, very upper to the established in the Canadian rule.

**Keywords:** Eutrophication, trophic state, Palenque River, oxidation lagoon, total phosphorus.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
PROBLEMA.....	3
JUSTIFICACIÓN .....	4
OBJETIVOS .....	6
OBJETIVO GENERAL .....	6
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	6
CAPÍTULO I .....	7
1. MARCO TEÓRICO .....	7
1.1. Río Palenque .....	7
1.2. Descargas del rio Palenque .....	8
1.3. Retos del sector agropecuario. ....	9
1.4. Calidad de los ríos para riego.....	10
1.5. Eutrofización Antrópica de los ríos.....	11
1.6. Índice de Estado trófico .....	12
1.6.1. Oligotrófico .....	12
1.6.2. Mesotrófico.....	12
1.6.3. Eutrófico .....	12
1.6.4. Hipereutrófico.....	13
1.7. Indicadores de eutrofización .....	13
1.7.1. Temperatura.....	13
1.7.2. Conductividad eléctrica. ....	13
1.7.3. Oxígeno disuelto.....	14
1.7.4. pH. ....	14
1.7.5. Sólidos disueltos.....	15
1.7.6. Fósforo total.....	16
1.7.7. Nitrógeno total.....	16
1.7.8. Malezas.....	17
1.8. Índice de eutrofización de Michael Karydis .....	17
CAPÍTULO II.....	19

2. METODOLOGÍA .....	19
2.1. Tipo de investigación. ....	19
2.2. Población.....	19
2.3. Muestra.....	19
2.4. Materiales, equipos e instrumentos. ....	19
2.4.1. Materiales. ....	19
2.4.2. Equipos. ....	20
2.4.2. Instrumentos. ....	20
2.5. Métodos.....	20
2.6. Procedimiento .....	20
2.6.1. Estaciones de muestreo.....	20
2.6.2. Recolección de Muestras .....	21
2.6.3. Análisis considerados .....	21
CAPÍTULO III.....	23
3. RESULTADOS .....	23
3.1. pH.....	23
3.2. Temperatura .....	25
3.3. Conductividad eléctrica.....	26
3.4. Sólidos disueltos totales. ....	27
3.5. Nitratos.....	28
3.6. Fósforo Total.....	30
3.7. Materia flotante. ....	32
3.8. Aceites y grasas.....	35
3.9. Vida acuática.....	35
3.10. Malezas .....	37
3.10.1 <i>Colocasia esculenta</i> .....	37
3.10.2. <i>Arundo donax</i> .....	38
3.11. Comparación de los parámetros de calidad de aguas para uso agrícola en riego de la microcuenca del Río Palenque. ....	39
3.13. Análisis del estado trófico en las aguas superficiales de la microcuenca del Río Palenque mediante el índice de eutrofización por nutrientes modificado para fósforo total.....	43
CAPÍTULO IV .....	46
4. CONCLUSIONES .....	46

CAPÍTULO V .....	47
5. RECOMENDACIONES.....	47
BIBLIOGRAFÍA .....	48
ANEXOS .....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Microcuenca del Río Palenque, sitio Campo Real. ....	7
<b>Figura 2.</b> Balneario Campo Real. ....	8
<b>Figura 3.</b> Descargas de aguas residuales, sector La Sabana. ....	9
<b>Figura 4.</b> Eutrofización del Río Bayo, España.....	11
<b>Figura 5.</b> Muerte de peces por Hipoxia en zona muerta del Golfo de México.....	14
<b>Figura 6.</b> Claridad del agua de la microcuenca antes del balneario de Campo Real. ....	15
<b>Figura 7.</b> Claridad del agua de la microcuenca antes de la descarga del Sector La Sabana.....	16
<b>Figura 8.</b> Malezas en la microcuenca del río, entre la estación 2 y 3. ....	17
<b>Figura 9.</b> Estaciones de muestreo en la microcuenca del Río Palenque.....	21
<b>Figura 10.</b> Restos de basura en la estación 5 de muestreo.....	33
<b>Figura 11.</b> Espuma a las orillas de la microcuenca entre la estación 4 y 5.....	34
<b>Figura 12.</b> Colocásia esculenta en la microcuenca entre la estación 2 y 3. ....	37
<b>Figura 13.</b> Arundo donax y colocásia esculenta en la microcuenca en la estación 4 y 5. ....	39
<b>Figura 14.</b> Canal de desagüe de las lagunas de oxidación hacia microcuenca del Río Palenque.....	43

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Índice de estado trófico por nutrientes y características. ....	18
<b>Tabla 2.</b> Coordenadas de las estaciones de muestreo y referencias. ....	23
<b>Tabla 3.</b> Clasificación Trófica para ríos canadienses. ....	32
<b>Tabla 4.</b> Identificación de la materia flotante en los puestos de muestreo. ....	32
<b>Tabla 5.</b> Identificación de aceites y grasas en los puestos de muestreo. ....	35
<b>Tabla 6.</b> Identificación de vida acuática en los puestos de muestreo. ....	36
<b>Tabla 7.</b> Identificación de la maleza <i>Colocasia esculenta</i> en los puestos de muestreo. .	37
<b>Tabla 8.</b> Identificación de la maleza <i>Arundo donax</i> en los puestos de muestreo. ....	38
<b>Tabla 9.</b> Cumplimiento con la normativa de Materia flotante. ....	42
<b>Tabla 10.</b> Cumplimiento con la normativa de aceites y grasas. ....	42
<b>Tabla 11.</b> Determinación del índice trófico por nutrientes modificado para fósforo total en cada estación de muestreo. ....	44

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> pH de las estaciones durante las campañas de muestreo. ....	24
<b>Gráfico 2.</b> Temperatura de las estaciones durante las campañas de muestreo.....	25
<b>Gráfico 3.</b> Conductividad eléctrica de las estaciones durante las campañas de muestreo. .....	26
<b>Gráfico 4.</b> Sólidos disueltos totales de las estaciones durante las campañas de muestreo. .....	28
<b>Gráfico 5.</b> Concentración de nitratos de las estaciones durante las campañas de muestreo.....	29
<b>Gráfico 6.</b> Concentración de fósforo total de las estaciones durante las campañas de muestreo.....	31
<b>Gráfico 7.</b> Variación de pH de las estaciones de muestreo durante las campañas.....	40
<b>Gráfico 8.</b> Variación de la conductividad eléctrica de las estaciones de muestreo durante las campañas. ....	40
<b>Gráfico 9.</b> Variación de sólidos disueltos totales de las estaciones de muestreo durante las campañas. ....	41
<b>Gráfico 10.</b> Variación de nitratos de las estaciones de muestreo durante las campañas. .....	41

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Toma de muestra en estación 2, campaña 1.....	59
<b>Anexo 2.</b> Toma de muestra en estación 1, campaña 3.....	59
<b>Anexo 3.</b> Toma de muestra en estación 3, campaña 4.....	60
<b>Anexo 4.</b> Toma de muestra en estación 5, campaña 6.....	60
<b>Anexo 5.</b> Muestras recolectadas en laboratorio NEMALAB. ....	61
<b>Anexo 6.</b> Balneario Campo Real y San Gregorio en el recorrido de la microcuenca. ...	61
<b>Anexo 7.</b> Arundo donax invadiendo la microcuenca del Río Palenque en la estación 5. .....	62
<b>Anexo 8.</b> Colocasia esculenta invadiendo la microcuenca del Río Palenque en la estación 2. ....	62
<b>Anexo 9.</b> Resultados de nitrato y fósforo total, campaña 1.....	63
<b>Anexo 10.</b> Resultados de nitrato y fósforo total, campaña 2.....	64
<b>Anexo 11.</b> Resultados de nitrato y fósforo total, campaña 3.....	65
<b>Anexo 12.</b> Resultados de nitrato y fósforo total, campaña 4.....	66
<b>Anexo 13.</b> Resultados de nitrato y fósforo total, campaña 5.....	67
<b>Anexo 14.</b> Resultados de nitrato y fósforo total, campaña 6.....	68
<b>Anexo 15.</b> Ficha técnica de muestreo de campaña 1.....	69
<b>Anexo 16.</b> Ficha técnica de muestreo de campaña 2.....	69
<b>Anexo 17.</b> Ficha técnica de muestreo de campaña 3.....	70
<b>Anexo 18.</b> Ficha técnica de muestreo de campaña 4.....	70
<b>Anexo 19.</b> Ficha técnica de muestreo de campaña 5.....	71
<b>Anexo 20.</b> Ficha técnica de muestreo de campaña 6.....	71

## INTRODUCCIÓN

Los fertilizantes son de vital importancia en el sector agrícola para mantener la productividad de los suelos sin necesidad de anexar más hectáreas terreno para sostener la producción y las necesidades alimentarias de las personas<sup>1</sup>, aportan una ventaja forestal y productiva para el sector agrícola, brindando nutrientes esenciales, acortando el tiempo de cosecha y aumentando el volumen de la misma.<sup>2</sup> Aproximadamente 80 años han pasado desde que la eutrofización comenzó hacer eco en el mundo científico, desde entonces se han realizado numerosas investigaciones que deja en evidencia los problemas relacionados con la agricultura y el uso indiscriminado de los fertilizantes<sup>3</sup>, que guarda una estrecha relación con la descarga directa de aguas residuales no depuradas, que tienen un impacto negativo sobre las fuentes hídricas, lo cual conlleva a problemas medioambientales que desequilibran los ecosistemas<sup>4</sup> por factores como filtración de nitratos, fosfatos u otros compuestos residuales agrícolas, ganaderos o domésticos hacia fuentes superficiales y subterráneas de agua.<sup>5</sup>

Los fertilizantes, residuos orgánicos, y demás sustancias que contribuyen a la nutrición vegetal, que aquellas que no son aprovechadas por las plantaciones por distintas razones durante el proceso productivo; es común que terminen en caudales de agua tales como ríos, lagunas, zonas costeras de baja profundidad y marismas<sup>6</sup>, ya sea por causa del escurrimiento en épocas lluviosas, por fumigación aérea y por falta del tratamiento adecuado hacia las aguas residuales de origen industrial o doméstico<sup>7</sup>, causando un fenómeno llamado “eutrofización” en donde los nutrientes en un sistema acuático están por encima de lo normal, beneficiando a la flora acuática que crece desmedidamente<sup>8</sup>; consumiendo el oxígeno presente en el agua, poniendo en peligro el hábitat de animales acuáticos y reduciendo el ingreso de luz solar, por consiguiente a causa del acumulamiento de sólidos se reduce la profundidad del río, lago, embalses, entre otros<sup>9</sup>.

El río palenque ubicado en la provincia de El Oro, se forma por el conjunto de quebradas que nacen en el páramo de Campo Real y Chilla, desde la cuenca alta del río se encuentra bajo la influencia de descargas de poblados como Palenque, San Gregorio y Campo Real, el turismo de la zona, monocultivos y la actividad ganadera<sup>10</sup>, en la cuenca media, el caudal de agua es usado para el riego agrícola y recibe un aporte importante y perjudicial de aguas residuales procedente de la ciudad de Pasaje, en concreto del Estero El Cangrejo y del sector La Sabana<sup>11</sup>, Los restos orgánicos en este punto del río alteran el ciclo natural del nitrógeno, debido a la alta concentración organismos primarios proliferan y mueren

provocando anoxia en vertebrados acuáticos y otros animales que disminuyen su población cambiando un ecosistema definido y a su vez afecta la cadena alimenticia.<sup>12</sup>

## **PROBLEMA**

Ecuador es un país con extensas áreas hídricas que son utilizadas para el sector agropecuario, recreación y para consumo de la población, la cual va incrementando a ritmo acelerado y afecta directamente a los cuerpos de agua receptores como lo es el Río Palenque.<sup>13</sup> De los 221 cantones en Ecuador, Cuenca es la única ciudad que cuenta con una unidad de depuración de aguas.<sup>14</sup> La provincia de El Oro dispone de gran biodiversidad y patrimonio natural que fácilmente podría ser repotenciado para desarrollar el turismo local, sin embargo, la mayoría de las vertientes debido a la productividad de la provincia son utilizadas para el abastecimiento de agua de manera poco sostenible en cultivos de cacao, banano, entre otros.<sup>15</sup>

La agricultura tiene como insumos principales el agua y el suelo para el desarrollo de cultivos, que a pesar de generar alimento; puede llegar a ser más invasivo que las demás industrias<sup>16</sup>, los fertilizantes, herbicidas y pesticidas utilizados en cultivos, son la principal causa de contaminación debido a la gran cantidad de compuestos nitrogenados, fosfatados y otros que son desechados hacia las escorrentías agrícolas<sup>17</sup>, por ello en ríos de baja profundidad, sus riberas, lagos se puede evidenciar como la maleza se extiende fácilmente; reduciendo el espacio y con ello atrayendo insectos causantes de enfermedades y plagas<sup>18</sup>, siendo las zonas costeras las más afectadas, por el arrastre de nutrientes, que benefician la proliferación de algas marinas que además de consumir el oxígeno presente en el agua, son capaces producir sustancias tóxicas creando puntos muertos de gran tamaño en el océano.<sup>19</sup>

El Río Palenque a lo largo de su recorrido recibe cargas contaminantes de la agricultura, la ganadería y aguas de origen doméstico, tanto en zonas rurales como urbanas que no son tratadas previo a su descarga<sup>11</sup>, dichos contaminantes, alteran las condiciones naturales del río que a su vez arrastra una cantidad sustancial de materia orgánica y sustancias químicas hasta el estero Motuche, que podría causar problemas de salud graves o contaminar directamente a especies del mar que es donde desemboca finalmente la microcuenca en conjunto con otros caudales de aguas provenientes de la provincia<sup>20</sup>, que forman la corriente del canal Jambelí e influye directamente sobre el golfo de Guayaquil.<sup>21</sup>

## JUSTIFICACIÓN

La eutrofización es un proceso natural de larga duración en el tiempo que puede durar de cientos a miles de años, estos procesos corresponden a un ciclo común en los ecosistemas del planeta sin afectar a las especies y beneficia su desarrollo evolutivo<sup>22</sup>. Las actividades humanas han acelerado notablemente este ciclo reduciéndolo a tan solo décadas por la influencia antropogénica como la descarga de aguas residuales y actividades agropecuarias que alteran las condiciones naturales de lagos, ríos, y posteriormente mares debido a la proliferación de algas y plantas macrófitas (comúnmente en lagos)<sup>23</sup>. El transporte de nutrientes es una de las causas principales del deterioro de los recursos hídricos a nivel mundial desde el siglo pasado, en el caso de los ríos; el daño es potencial, se ha reportado que la carga de nutrientes es la principal fuente contaminante en ríos de china como por ejemplo el Río Yangtsé; uno de los más extensos a nivel mundial y considerados altamente eutrófico.<sup>24</sup>

Los ríos por su parte poseen la ventaja de que sus aguas no permanecen en estado estacionario como, por ejemplo, las lagunas, marismas y embalses. Sin embargo, el peligro reside en que, al arrastrar los nutrientes hacia el mar, o lagunas por la actuación de organismos primarios provoca fenómenos poco comunes (aunque cada vez más recurrentes) de alto riesgo como las mareas rojas en aguas continentales; generando millonarias pérdidas económicas y de biodiversidad marina<sup>25</sup>, ocasionando por el crecimiento exponencial de algas altamente tóxicas en zonas costeras, y cianobacterias en lagunas, causantes de intoxicaciones por consumo mariscos, muerte en humanos y la muerte de peces.<sup>26</sup> Ya hace más de una década en un mensaje de Ban Ki-moon, exsecretario General de las Naciones Unidas dijo: "Nuestros indispensables recursos hídricos han demostrado tener una gran capacidad de recuperación, pero son cada vez más vulnerables y están más amenazados [...] Un día tras otro vertemos millones de toneladas de aguas residuales sin tratar y de desechos industriales y agrícolas en los sistemas hídricos del mundo [...] Y los pobres son las primeras y mayores víctimas de la contaminación, de la escasez de agua y de la falta de un saneamiento adecuado".<sup>27</sup>

Con el surgimiento de las distintas industrias que irónicamente sirven a la población dotándoles de suministros varios; sobre todo de la actividad agrícola, ha incrementado el nivel de materiales extraños, ajenos y excesivos en las cuencas hídricas, nutrientes como los nitratos, fosfatos, sulfatos, y entre otros que aportan a la proliferación de fitoplancton.<sup>28</sup> Con el crecimiento demográfico es importante que exista un seguimiento de nutrientes en

los cuerpos de agua, sobre todo en los ríos, debido a que en su recorrido recolectan gran cantidad de nutrientes ya sean procedentes del escurrimiento (debido a las lluvias) de áreas rurales como los bosques<sup>29</sup>, monocultivos o algunos que receptan aguas residuales no depuradas como es el caso del Río Palenque que se encuentra bajo la influencia de estas cargas contaminantes de comunidades rurales y la ciudad de pasaje, incluyendo el turismo.<sup>30</sup> Por ello en el estudio presentado busca relacionar las actividades antrópicas en la microcuenca con la eutrofización mientras se compara el cumplimiento a la normativa Nacional.<sup>31</sup>

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el estado trófico en aguas superficiales de uso agrícola de la microcuenca del Río Palenque y compararla con otras cuencas hidrográficas.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar los parámetros de calidad de aguas para uso agrícola en riego del Río Palenque.
- Comparar los resultados obtenidos de las aguas del Río Palenque con la Norma de calidad ambiental y de descargas de efluentes del recurso agua y con otras cuencas hidrográficas.
- Cuantificar el estado trófico en las aguas superficiales del Río Palenque mediante el índice de eutrofización por nutrientes para fósforo.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1. Río Palenque

La microcuenca del Río Palenque forma parte de un conjunto vertientes que se forman en la cordillera de los andes y las precipitaciones en las zonas bajas y desembocan en el océano pacífico, denominadas “Vertientes del Pacífico”<sup>32</sup>, tiene como origen un conjunto de quebradas que nacen en el interior de la cordillera de Chilla y Campo Real<sup>13</sup>, también denominada “Unidad Hidrográfica 13939” de la cual se destinan aproximadamente 2014 m<sup>3</sup> de agua para el riego agrícola, siendo Buenavista una de las parroquias que consume del recurso según el SENAGUA.<sup>33</sup>

La cuenca se caracteriza por tener gran diversidad de invertebrados, debido a que aguas arriba no se encuentra concentrada la población, lo cual beneficia a la conservación de su ecosistema.<sup>34</sup> Sin embargo, en su camino hacia la costa se une con el Estero El Cangrejo, y la descarga de aguas servidas del sector La Sabana, provenientes de la laguna de oxidación de la ciudad de Pasaje<sup>11</sup>, posteriormente el Estero Amargura se une al curso del Río Palenque, más adelante en el Puente Motuche, Parroquia El Retiro, el río cambia su nombre a Estero Motuche, para luego formar parte del Estero Guarumal y consiguiente a un conjunto de esteros que desembocan en el Canal Jambelí para finalmente desembocar en el mar.<sup>10</sup>

*Figura 1. Microcuenca del Río Palenque, sitio Campo Real.*



**Fuente:** Autor

## 1.2. Descargas del río Palenque

En el transcurso del Río Palenque existen varias Zonas con un gran potencial turístico, debido a que cuenta con recursos naturales que enriquecen el entorno de la microcuenca<sup>30</sup>, la misma que Palenque nace en el Páramo y termina en el Manglar, en su camino se encuentran las localidades como Campo Real, San Gregorio y Dumuri que cuenta con carreteras y demás servicios básicos, como el alcantarillado que se encuentra mal gestionado debido a que se realizan descargas directas de agua servidas sin ningún tratamiento previo.<sup>35</sup>

*Figura 2. Balneario Campo Real.*



**Fuente:** Autor

La actividad ganadera (bovina y porcina) aguas abajo del Río Palenque ha afectado el recurso hídrico, debido a las descargas directa de los desechos resultantes de la actividad, el área no cuenta con un plan de ordenamiento territorial, de modo que el pastoreo se da sin ningún tipo de corral para el ganado y a orillas del río.<sup>10</sup> En la cuenca media del Río Palenque, se pueden evidenciar viviendas aledañas a curso del río, siendo más adelante, que recibe una descarga directa del estero El Cangrejo en la ciudad de Pasaje en conjunto con el Estero Puerto de Balsa y Bijaoyacu que se conecta directamente con el alcantarillado.

Además, existen extensas áreas dedicadas al cultivo de banano y a la minería, por lo tanto, la cuenca del río se encuentra en contacto directo con todo tipo de insumos agrícolas y químicos derivados de la fertilización y la extracción minera, respectivamente<sup>11</sup>, En el Sector La Sabana, el río recibe otra descarga de las lagunas de oxidación y del

alcantarillado de la zona que son desechadas sin realizarse ningún tipo de depuración adecuado.

Como se muestra en la **Figura 3** en la estación de muestreo 4 se descargan aguas residuales desde la laguna de oxidación y de una hacienda bananera al mismo tiempo. **Figura 3.** Descargas de aguas residuales, sector La Sabana. Posteriormente las aguas resultantes de estas descargas son utilizadas para riego de los cultivos, esto afecta directamente a los productores de banano y a la calidad de sus cultivos por varios factores como lo son los metales pesados por el impacto de la minería <sup>36,37</sup>, Además aunque se ha demostrado en diversos estudios los beneficios del riego con aguas residuales urbanas, el riesgo de contaminación microbiológica es alto y podría traer consigo fitopatógenos indeseables<sup>38,39</sup>, en conjunto con uso de fertilizantes convencionales u orgánicos impacta negativamente con los recursos hídricos, causando un fenómeno llamado “eutrofización” por exceso de nutrientes, dando como resultado la proliferación de maleza y a su vez

*Figura 3. Descargas de aguas residuales, sector La Sabana.*  
insectos y plagas.<sup>40</sup>



**Fuente:** Autor

### **1.3. Retos del sector agropecuario.**

El sector agropecuario deprime constantemente los recursos naturales, sobre todo del recurso agua, el mercado internacional y nacional exige que los agricultores, ganaderos y acuicultores aumenten la productividad debido al constante crecimiento demográfico.<sup>35</sup>

Además de influir negativamente en el entorno, la producción irresponsable causa problemas de seguridad alimentaria y posibles futuras accidentes ambientales irreversibles de origen antrópico como la eutrofización.<sup>41</sup>

En el sector agrícola es de vital importancia mantener el rendimiento de los sembríos, sobre todo en la provincia de El Oro que es un referente en cuanto exportaciones de bananeras que no se ha reducido su producción a pesar de la pandemia<sup>42</sup>, se han implementado nuevas técnicas que permita fijar el nitrógeno y evitar las pérdidas en los suelos de nitrógeno y fósforo mediante la aplicación de materia orgánica, estiércol o ureas de liberación lenta.<sup>43,44</sup> A pesar de los esfuerzos la pérdida por volatilización o también por percolación son inevitables<sup>45</sup>; se ha reportado la contaminación de acuíferos subterráneos por insumos agrícolas y escurrimiento hacia los ríos que transportan nutrientes, desequilibrando ecosistemas naturales.<sup>46</sup>

La FAO estima que para el año 2030 el uso de fertilizantes ira reduciendo lentamente debido a los efectos ambientales que estos pueden causar, por ello la biotecnología es una herramienta que podría tomar mayor relevancia en el desarrollo del sector agropecuario y darle mayor sustentabilidad<sup>47</sup>, contando factores como los escasos de fertilizantes en el mundo y la reducción de exportaciones de este insumo por parte del gigante asiático.

#### **1.4. Calidad de los ríos para riego.**

La calidad de un recurso hídrico depende de la gestión para la que haya sido definido, y por esta razón puede impactar negativamente en las propiedades naturales del agua, otras de las razones de mayor efecto, es el crecimiento demográfico a las orillas de un río<sup>48</sup>, cuando el agua proviene de quebradas o páramos como en el caso del Río Palenque, las únicas formas de contaminación serían provocadas por factores climáticos como en épocas lluviosas donde su gradiente puede aumentar considerablemente y arrastrar nutrientes provenientes del bosque.<sup>49</sup>

Sin embargo, el Río Palenque se encuentra influenciado por varios factores contaminantes como descargas directas de los sistemas de alcantarillado, el sector agrícola y ganadero aguas abajo, que alteran los ecosistemas acuáticos sobre a las especies de macroinvertebrados que existentes y su vez sirven como bioindicadores de la calidad del agua que pueden aumentar o reducir sus poblaciones.<sup>50</sup>

### 1.5. Eutrofización Antrópica de los ríos.

Está relacionada a múltiples factores derivados de la actividad humana, en Ecuador la agricultura es de vital importancia para la economía porque genera ingresos a familias de las zonas rurales.<sup>51</sup> Asimismo, como los suelos generan cosechas también necesitan insumos como los fertilizantes para mantener la productividad de los suelos, y biocidas para mantener controladas las plagas y enfermedades de los cultivos, siendo los monocultivos la razón de su proliferación.<sup>52</sup>

La agricultura intensiva desequilibra los ecosistemas debido a la filtración de compuestos nitrogenados, fosfatados y entre otros que contribuyen a la nutrición vegetal, siendo común que no todos los nutrientes sean aprovechados por lo cultivos y se filtren ya sea mediante la fumigación o por percolación hacia los cuerpos de agua tales como ríos, aguas artificiales y subterráneas, lagunas y posteriormente a zonas costeras.<sup>53</sup>

*Figura 4. Eutrofización del Río Bayo, España.*



**Fuente:** Instituto Geológico y Minero de España.

A pesar que el estiércol funciona muy bien como fertilizante orgánico en los suelos, su efecto sobre el agua es muy nocivo cuando este se filtra debido a las grandes concentraciones de nitrógeno y fósforo lo cual ayuda al rápido crecimiento de microalgas<sup>43,55</sup>, disminuyendo el oxígeno presente en el agua provocando que los peces y macroinvertebrados, reduzcan notablemente sus poblaciones y se reduzca la profundidad. Siendo prácticamente el mismo efecto o incluso peor la descarga directa de aguas servidas sin una depuración o tratamiento previo.<sup>22</sup>

## **1.6. Índice de Estado trófico**

La eutrofización es un fenómeno lento de degradación en lagos, ríos y costas marítimas, que puede llegar a ser irreversible, es causado por el incremento de nutrientes en los cuerpos de agua, que al ser descompuestos por organismos fotosintéticos tales como las algas, que consumen el oxígeno en el agua produciendo biomasa que se deposita en el fondo y se hidroliza causando reacciones en cadena, disminuyendo la profundidad y provocando la muerte de peces por anoxia.<sup>56</sup> Si bien la eutrofización se puede dar de manera natural, las actividades humanas aceleran este proceso por las razones antes mencionadas.

Al medir los diferentes parámetros en el agua y compararlos con los valores ya establecidos experimentalmente, se puede obtener el estado en el que se encuentra el cuerpo de agua, midiendo los nutrientes que influyen en el crecimiento de organismos fotosintéticos, de los cuales se pueden destacar varios niveles de eutrofización con respecto a la cantidad de biomasa en el agua.<sup>5</sup>

### **1.6.1. Oligotrófico**

Este estado se caracteriza por contener poca presencia de nutrientes en los medios hídricos, por esta razón sus aguas son cristalinas con excelente penetración de luz hacia el fondo, abundante oxígeno con pocos peces y bentos.<sup>57</sup>

### **1.6.2. Mesotrófico**

Cuando el nivel de vida acuática y nutrientes están en niveles moderados, con buena penetración de luz solares y aguas azuladas, en este estado de eutrofización tanto peces como plantas acuáticas pueden coexistir sin afectar las condiciones vitales de la otra.<sup>58</sup>

### **1.6.3. Eutrófico**

En este punto los nutrientes presentes en el agua tienen una concentración elevada e influye directamente en la proliferación de la flora acuática siendo dominante en el medio hídrico y aunque soporta altas cargas de peces, la muerte por anoxia es habitual debido a la disminución gradual del oxígeno, además de toxinas peligrosas que intoxican el agua y con ellos a las especies acuáticas.<sup>59</sup>

#### **1.6.4. Hipereutrófico**

Punto de no retorno para un cuerpo de agua donde se encuentran en concentraciones muy altas de nutrientes, bajo contenido de oxígeno, muy reducida profundidad y se puede observar micrófitos que son plantas capaces de proliferar en la superficie del agua, lo cual limita a la penetración de luz y contribuye al aumento de microorganismos.<sup>60</sup>

#### **1.7. Indicadores de eutrofización**

Varios son los indicadores que se usan para identificar el estado trófico de un cuerpo de agua, entre ellos pueden destacar el contenido de nutrientes, el oxígeno disuelto, DBO, DQO, entre otros. Cabe destacar que cada río es distinto, y están bajo presión antrópica distinta, por ello es necesario realizar un reconocimiento previo de las cuencas hidrográficas para la determinación cuantitativa. Entre los parámetros más representativos tenemos:

##### **1.7.1. Temperatura.**

El cambio de la temperatura en los cuerpos de agua afecta tanto física, química y biológicamente, denota la distribución del río en su recorrido hacia la costa, e influye directamente en la calidad del agua debido a que es un indicador de la vida acuática. Elevadas temperaturas y contaminación antrópica en un río benefician a la proliferación de microorganismos y al contrario las temperaturas bajas evitan la degradación del nitrógeno<sup>61</sup>. Sin embargo, estos compuestos son arrastrados a lo largo del recorrido hasta encontrar una temperatura óptima de reacción, quedando los organismos acuáticos comprometidos a condiciones adversas.<sup>62</sup>

##### **1.7.2. Conductividad eléctrica.**

En un río contaminado con aguas muy turbias, puede denotar una alta conductividad, aunque depende del tipo de aguas analizadas, así como la zona en donde se realizó el muestreo. A pesar de que el agua por sí sola no es capaz de conducir electricidad, las sales disueltas en ella sí, dichos electrolitos aumentan considerablemente este parámetro debido a varias causas como la descarga de aguas no depuradas o industriales.<sup>63</sup>

### 1.7.3. Oxígeno disuelto.

Así como la temperatura el oxígeno disuelto presente agua es uno de los indicadores fundamentales en el desarrollo de la vida acuática, en los ríos el nivel de oxígeno debe ser relativamente alto debido a que siempre está en constante movimiento permitiéndole saturar el medio.<sup>64</sup> Factores como la penetración de la luz hacia el fondo es un indicador positivo, sin embargo, debido a la turbidez ocasionada por altas concentraciones de material suspendido disminuyen la capacidad de aireación en el fondo de un medio acuático, beneficiando el crecimiento de microorganismos anaerobios produciendo gases sulfurados.<sup>65</sup>

*Figura 5. Muerte de peces por Hipoxia en zona muerta del Golfo de México*



**Fuente:** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

### 1.7.4. pH.

En aguas no contaminadas el pH suele ser entre 6 y 8 brindando estabilidad en el medio sin perjudicarla vida acuática (aunque pueden influir otros factores), estos pueden ser modificados por causas naturales debido al escurrimiento de los bosques y la solubilización de las rocas.<sup>63</sup> Las actividades agrícolas por su parte, aportan gran cantidad de iones que se disocian y vuelven el medio alcalino afectando a la microbiota y al contrario si el pH es ácido disminuye las poblaciones de peces por desabastecimiento de alimento y la proliferación de bacterias.<sup>9</sup>

### 1.7.5. Sólidos disueltos.

Mientras mayor sea los sólidos disueltos en el agua menor será la penetración de la luz hacia el fondo del río provocando la disminución del oxígeno. Los sólidos pueden ser desde material inorgánicos u orgánico, mientras mayor sea el contenido de sólidos disuelto en el agua menor será su calidad, limitando el uso y aumentando el grado de contaminación debido a la diversidad de material disuelto.<sup>67</sup> A continuación, se muestra una comparación de las aguas de la microcuenca del Río Palenque en distintos puntos.

*Figura 6. Claridad del agua de la microcuenca antes del balneario de Campo Real.*



**Fuente:** Autor

**Figura 7.** Claridad del agua de la microcuenca antes de la descarga del Sector La Sabana.



**Fuente:** Autor

#### **1.7.6. Fósforo total.**

Es uno de los insumos de más demanda por los agricultores ya que ayuda a los sembríos en sus procesos fisiológicos tales como la fotosíntesis, de los cuales solo un pequeño porcentaje es aprovechado, en conjunto con la descarga de aguas residuales en los ríos contribuye a la proliferación de organismos fotosintéticos aumentando los sedimentos y disminuyendo el oxígeno disuelto, así como la profundidad provocando anoxia en los peces.<sup>68</sup>

#### **1.7.7. Nitrógeno total.**

Es los medios acuáticos el nitrógeno de procedencia orgánica tiene un ciclo natural llamado “nitrificación” es decir los desechos producidos por los organismos acuáticos pueden ser fácilmente depurados por este método.<sup>69</sup> Sin embargo, factores externos como la descarga de aguas residuales o la aplicación de abonos orgánicos entorpecen el ciclo. La aplicación de fertilizantes convencionales o de origen inorgánico es de las principales causas de contaminación en el agua por su aporte de radicales libres como el nitrato, las concentraciones varían dependiendo del punto de muestreo, siendo normal que vaya aumentando conforme avanza el río.<sup>12</sup>

### **1.7.8. Malezas.**

También denominadas “macrófitos acuáticos” proliferan eficientemente en las superficies del agua en ríos, lagos, entre otros. Gracias a la cantidad de nutrientes contenida en los sistemas acuáticos, suelen ser un indicador predominante en aguas eutróficas. en el Río Negro, Argentina existe abundante vegetación acuática vascular en las riberas del río que es usado como colector del sistema de drenaje<sup>70</sup>, Mientras que en el Río Alto Valle, la incidencia de contaminación antrópica tanto de desagües de origen rural y urbanizados promueven el crecimiento de especies tipo helófitas.<sup>71</sup>

*Figura 8. Malezas en la microcuenca del río, entre la estación 2 y 3.*



**Fuente:** Autor

### **1.8. Índice de eutrofización de Michael Karydis**

Fue desarrollado con el fin evaluar el estado eutrófico en cual tipo de aguas ya sea en lagos, ríos y mares con la diferencia que define la cantidad de nutriente individual presentes (comúnmente fósforo y nitrógeno).<sup>58</sup> Es el método desarrollado en 1983 es el adecuado para la evaluación de índice de eutrofización en sistemas lóticos como un río, porque sus aguas se encuentran en movimiento constante e influye estaciones del año ya sea en época de invierno o verano donde las concentraciones de nutrientes suelen variar.<sup>72,73</sup>

**Tabla 1.** Índice de estado trófico por nutrientes y características.

Escala	Tipo	Calidad del agua	Cualidad del agua
< 3	Oligotrófico	Buena	Cristalina, con un alto contenido de oxígeno.
3 - 5	Mesotrófico	Moderada, Mala y muy productiva	Agua turbia, contenido de oxígeno medio, vida acuática posible.
> 5	Eutrófico	Muy mala, altamente productiva	Agua muy turbia, con poco contenido de oxígeno, vida acuática poco posible.

**Fuente:** Marco Ulloa y colaboradores & Muciño Márquez y colaboradores.

El índice por nutrientes se lo representa con la siguiente ecuación:

$$IE = \frac{C}{C - \text{Log}_x} + \text{Log}_A$$

**Donde:**

**IE:** Índice de autorización por nutrientes.

**C:** Logaritmo de concentración total durante el estudio (sumatoria de  $\Sigma t$ ).

**X:** Sumatoria del nutriente en cada punto de muestreo ( $\Sigma t$ ).

**A:** Número de puntos de muestras por campaña.

## **CAPÍTULO II**

### **2. METODOLOGÍA**

#### **2.1. Tipo de investigación.**

Para la realización de este estudio no se manipuló ninguna de las variables a analizar en el transcurso del Río Palenque, es decir el muestreo se realizó en las estaciones de muestreo previamente seleccionadas y en diferentes campañas, con el propósito de cuantificar de manera directa el contenido de nutrientes presentes en cada estación de muestreo y los parámetros de interés con la finalidad de realizar una comparación con la normativa ecuatoriana TULSMA y el índice trófico por nutrientes. Por lo tanto, el tipo de investigación para este proyecto es de carácter cuantitativo - no experimental y longitudinal.

#### **2.2. Población**

El Río Palenque se forma a partir de quebradas provenientes de la cordillera de Chilla y Campo Real alrededor de 147 metros sobre nivel del mar y se extiende aproximadamente 23 kilómetros hasta el punto final de muestreo ubicado en el puente Motuche de la parroquia El Retiro.

#### **2.3. Muestra**

Se recolectaron 5 muestras superficiales del Río Palenque a lo largo del recorrido de la microcuenca, se realizaron 6 campañas semanalmente, desde el 9 de junio hasta el 12 de julio del 2021, todas las campañas comprenden la época húmeda en el hemisferio Sur del país; caracterizada por sus temperaturas frías.<sup>75</sup> En total se recolectaron 30 muestras.

#### **2.4. Materiales, equipos e instrumentos.**

##### **2.4.1. Materiales.**

- Hielera
- Frascos de plástico color ámbar de 1 litro
- Cubeta de plástico
- Cámara
- Cuerda
- Ficha técnica de muestreo

#### **2.4.2. Equipos.**

- Espectrofotómetro UV – Visible
- Medidor Multiparamétrico

#### **2.4.2. Instrumentos.**

- NTE INEN 2226:2013
- Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua.
- Índice de eutrofización por nutrientes de Michael Karydis y colaboradores.

#### **2.5. Métodos.**

Se utilizó la Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua (Anexo 1, Libro VI de la Calidad Ambiental, del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente).<sup>31</sup> Se evaluó parámetros como pH, conductividad, aceites y grasas totales, entre otros, con el fin de determinar la degradación en los distintos puntos de muestreo del Río Palenque, se comparó los resultados obtenidos con la normativa establecida en el país. Esto permitirá conocer la calidad de la microcuenca y la tendencia en su recorrido hacia el estero Motuche, además de marcar un precedente.<sup>76</sup>

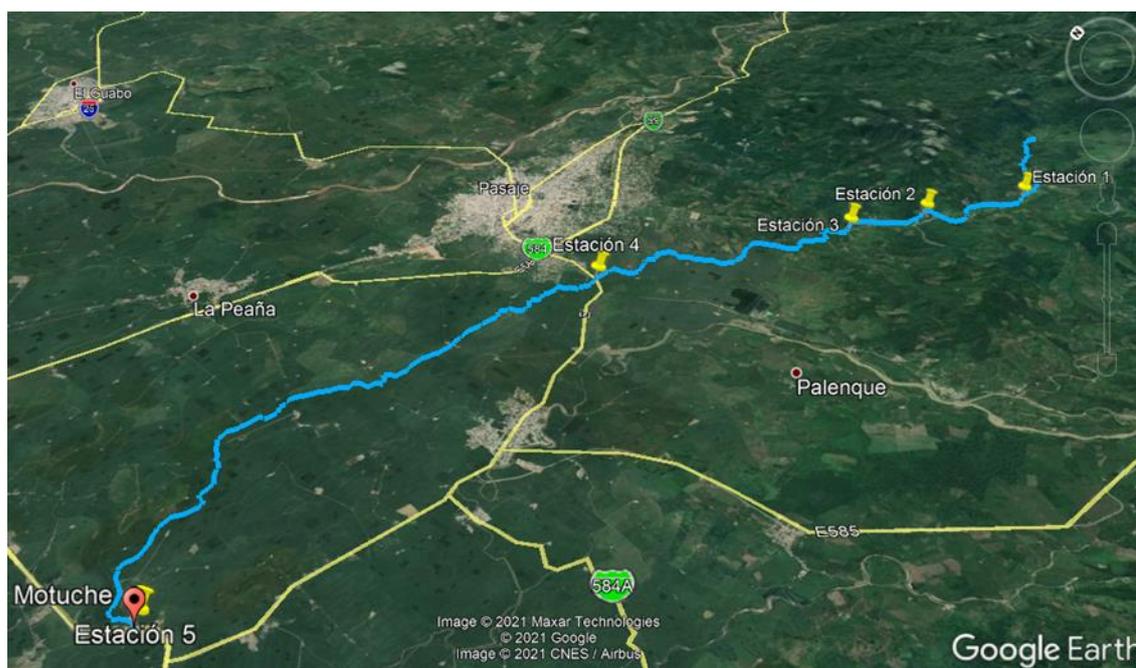
La metodología utilizada para calcular el contenido de nutrientes presentes en cada estación de muestreo para fósforo total, es el índice trófico propuesto por Michael Karydis y colaboradores en 1983<sup>73</sup>, siendo el más adecuado para sistemas lóticos como lo es el Río Palenque que también facilitó determinar la carga del nutriente presente en los puntos de muestreo.

#### **2.6. Procedimiento**

##### **2.6.1. Estaciones de muestreo**

Previo a realizar el muestreo de las aguas del Río Palenque se realizó una inspección utilizando la aplicación Google Maps marcando su recorrido desde el punto donde convergen las corrientes hasta el puente Motuche. Los puntos de muestreo o estaciones deben estar ubicados estratégicamente en zonas cercanas a puntos de descarga tales como alcantarillado de los poblados aledaños al río, y canales de desfogue dedicados al riego de monocultivos o escorrentías agropecuarias.

**Figura 9.** Estaciones de muestreo en la microcuenca del Río Palenque.



**Fuente:** Aplicación Google Earth

### **2.6.2. Recolección de Muestras**

Para la recolección de muestras se sigue el procedimiento según la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 2226:2013. La toma de las muestras en cada estación se realizó tomando aguas superficiales del río en 4 diferentes puntos en un área de 5 m<sup>2</sup> para cada muestra aprovechando la existencia de puentes que cruzan la microcuenca del río y orillas de baja profundidad. Los puntos de muestra o estaciones, fueron evaluados y ubicados a zonas aledañas a las descargas como canales de poblados de Campo Real, Palenque, escorrentías agropecuarias en el recorrido de la microcuenca y finalmente las descargas del estero El Cangrejo y La Sabana ubicados en Sur de la ciudad de Pasaje.

### **2.6.3. Análisis considerados**

De los análisis realizados durante este estudio podemos distinguir dos tipos:

- Análisis in situ.
- Análisis de laboratorio.

#### **2.6.3.1. Análisis in situ**

Se ejecutó en las distintas estaciones de muestreo utilizando un medidor multiparamétrico de marca “Analytical instruments” con el cual se puede analizar parámetros de pH,

conductividad eléctrica, sólidos disueltos y la temperatura. Previo a su uso debe ser calibrado con soluciones buffer, primero se toma la muestra de agua en la cubeta o balde, se homogeniza y posteriormente se introduce el equipo y se realiza la lectura (no se realiza la medición directamente en el río debido a las variaciones que pueden ocurrir en el sistema lótico). También se realizó una observación simple de aceites y grasas, malezas y vida acuática en la superficie de la microcuenca, registrando los datos en la dicha técnica muestreo.

#### **2.6.3.2. Análisis de laboratorio**

Luego de la recolección de agua superficial en los 4 puntos para cada estación de muestreo con la cubeta, se procede a homogenizar y se toma 1 litro en los recipientes color ámbar, posteriormente se etiqueta y se guarda en la hielera para mantener frías las muestras hasta llegar al laboratorio y colocarlas en un refrigerador que mantengan las muestras conservadas.

Los análisis de las muestras fueron analizados en el laboratorio de análisis agrícola NEMALAB S.A. donde se usó el equipo de Espectrofotometría UV – Visible con el cual se determinó el contenido de nutrientes como de nitrato y fósforo total. Comúnmente el índice de eutrofización evalúa parámetros como la clorofila y la transparencia del agua utilizando del disco de Secchi pero este método sirve para aguas lénticas como lagunas.<sup>74,77</sup> Por ello para este estudio se descartan dichos parámetros por ser agua lóaticas, es decir, se encuentran en movimiento constante lo cual dificultaría su análisis y reflejaría datos poco confiables.

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS

Se establecieron 5 puntos de muestreo o estaciones en la microcuenca del Río Palenque, mediante el uso de la herramienta Google Maps, y tomando en cuenta puntos de descarga para evitar puntos de muestra poco representativos, de los cuales se analizaron parámetros como el pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, materia flotante, nitratos y aceites y grasas. Posteriormente se compararon los resultados obtenidos según la guía establecida por la entidad de control TULSMA, Edición N° 387, 2015<sup>31</sup> y finalmente se evaluó el estado trófico de la microcuenca utilizando el índice de eutrofización por nutrientes modificado para fósforo.

*Tabla 2. Coordenadas de las estaciones de muestreo y referencias.*

Coordenadas			
Puntos de muestra	Latitud	Longitud	Referencia
Estación 1	3°23'12.87"S	79°45'19.93"O	Balneario Campo Real
Estación 2	3°22'40.14"S	79°46'11.86"O	Parroquia Palenque
Estación 3	3°22'15.81"S	79°46'51.29"O	Primer puente a las afueras de la parroquia Palenque
Estación 4	3°21'3.35"S	79°48'54.95"O	Sector La Sabana
Estación 5	3°21'16.32"S	79°53'21.31"O	Puente Motuche

**Fuente:** Autor

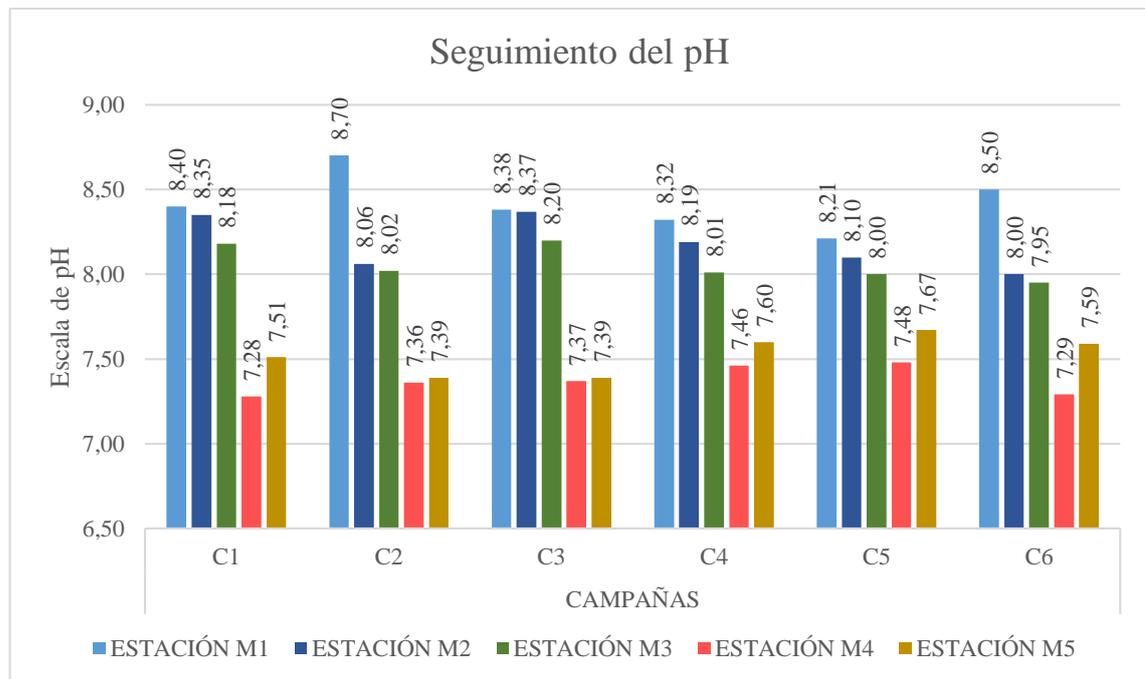
A continuación, se muestran los parámetros analizados durante el estudio, tanto in situ como ex situ de las aguas superficiales de la microcuenca del Río Palenque:

#### 3.1. pH.

En los resultados obtenidos se puede notar una variación de pH, que tiende a bajar, es decir, el medio se vuelve levemente ácido según avanza el cauce del río hasta la estación de muestreo 4, donde se registra valores de pH menores a otras estaciones, aparentemente por la influencia de las descargas de la ciudad de Pasaje, comportamiento similar se muestran en estudios realizados por Ricardo Abril y colaboradores<sup>78</sup> donde la incidencia de aguas residuales tiende a acidificar el agua en los ríos. Posteriormente, la microcuenca

del Río Palenque sigue con el patrón demostrado en estaciones anteriores a la 4, a pesar de que el medio se vuelve levemente alcalino, pero sin salir del rango óptimo para uso agrícola (6,5 – 8,4). En la estación 1, de las campañas 2 y 6, ver **Gráfico 1** con valores de 8,70 y 8,50 respectivamente, que según la guía de calidad se encuentran fuera del rango normal. Sin embargo, la estación 1, se caracteriza por tener aguas aparentemente limpias; sin presencia de monocultivos de ningún tipo.

**Gráfico 1.** pH de las estaciones durante las campañas de muestreo.



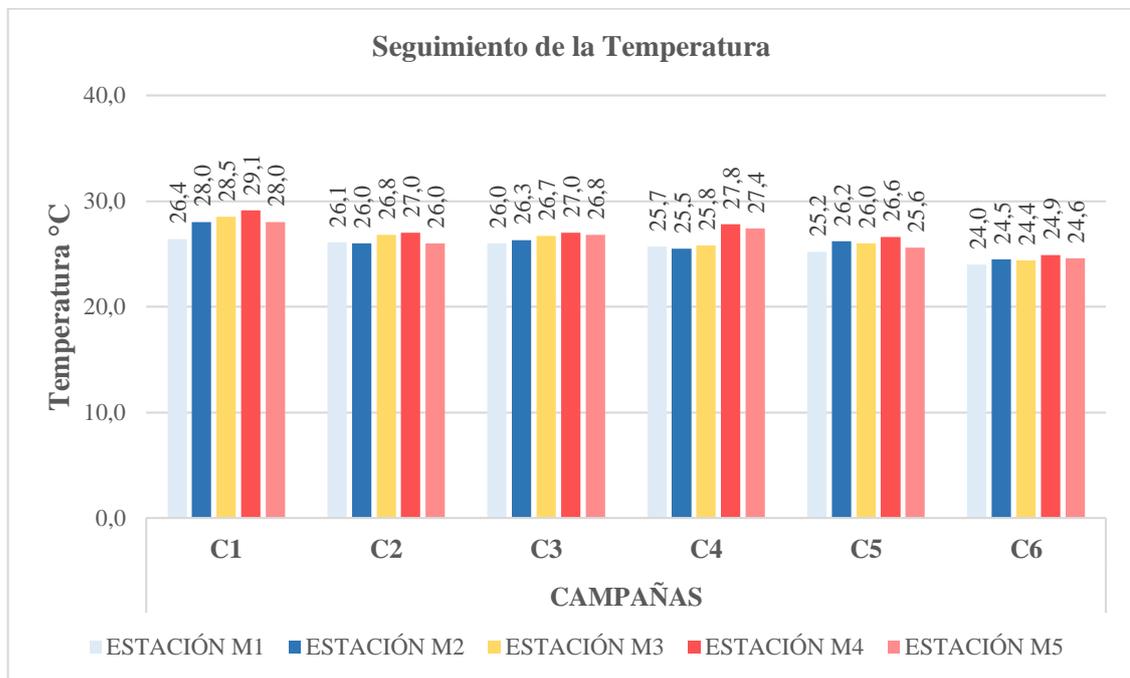
**Fuente:** Autor

En cuanto al comportamiento del valor de pH como se muestra en el **Gráfico 1**, tiende a acidificarse progresivamente en cada estación de muestreo, según lo reportado por Jorge Díaz y colaborador<sup>41</sup>, demuestran que existe una similitud en el Río Bogotá; considerado uno de lo más contaminados a nivel mundial, donde los valores de pH más bajos están relacionados con las descargas de aguas residuales no depuradas. Así mismo Ricardo Abril y colaboradores<sup>78</sup>, en un estudio realizado en el Río Puyo identificaron que en los puntos cercanos al vertido de aguas residuales dan como resultado valores de pH más bajos al resto de puntos de vertido, como pasa en el Río Palenque donde el valor más ácido registrado durante todas las campañas, se dio en la estación 4, justamente después de la descarga de las lagunas de oxidación de la ciudad de Pasaje. Sin embargo, la guía de calidad del agua para riego muestra que se encuentra dentro del rango normal, siendo de 6,5 - 8,4.

### 3.2. Temperatura

Según Wilson Beita y colaborador<sup>79</sup> las temperaturas de los ríos oscila entre 0 – 30°C, pero el aumento de las temperaturas está relacionado con el aumento de la biota, aunque otros factores como la velocidad del flujo o las estaciones del año pueden influir. A lo largo del recorrido del río; al medir la temperatura de sus aguas in situ, se pudo observar un incremento progresivo, que resultó indiferente de la temperatura ambiente o las condiciones climáticas en el día de muestreo, como se muestra en el **Gráfico 2**, las máximas temperaturas fueron registradas en la estación 4 en cada una de las campañas, disminuyendo levemente en la siguiente estación, pero siguiendo la misma tendencia de incremento, esto se puede deberse a la influencia de mayor actividad química o también biológica característica de la estación de muestreo.

**Gráfico 2.** Temperatura de las estaciones durante las campañas de muestreo.



**Fuente:** Autor

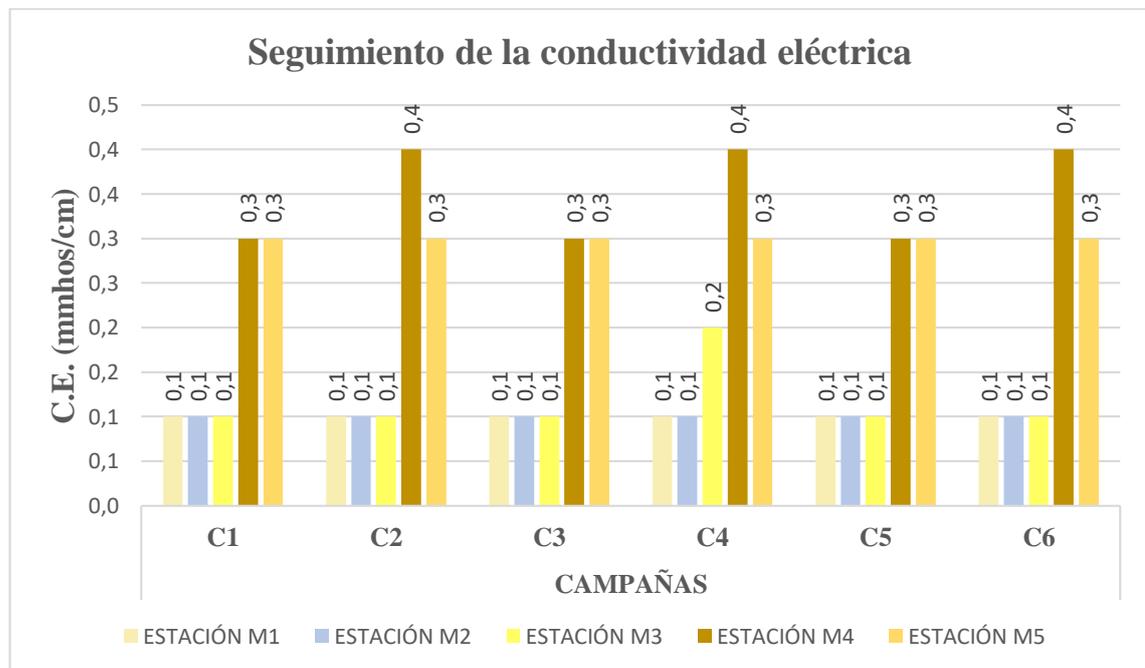
Al igual como pasa con el Río Palenque se puede observar la misma tendencia en el Río Bogotá donde la temperatura del primer punto de muestreo es de 14.5 °C, pero debido a la influencia de aguas de origen doméstico e industrial en las estaciones 5 y 6 registran temperaturas de 20.4 y 21. 5 °C, respectivamente.<sup>41</sup> Es importante mencionar que una recolección de datos más amplia en la microcuenca del Río Palenque mediante un monitoreo anual de la temperatura, podría determinar en qué época del año la

microcuenca se encuentra más vulnerable a cambios químicos y biológicos, como lo demuestra José Valencia<sup>80</sup> en un estudio realizado al Río Ebro, España, donde existe una mayor dispersión estacional en el verano, mostrando en ambas estaciones una tendencia al alza, según avanza el recorrido del río.

### 3.3. Conductividad eléctrica.

El análisis in situ de conductividad eléctrica no presenta ningún valor fuera de lo establecido en la normativa, con valores de 0,1 – 0,4 mS/cm (100 - 400 uS/cm), siguiendo sus lineamientos; no existe perjuicio alguno para que estas aguas sean usadas para el riego agrícola. Se puede notar en el **Gráfico 3** al igual que la variación de pH (**Gráfico 1**) y temperatura (**Gráfico 2**), la conductividad eléctrica aumentó con las descargas realizadas en la ciudad de Pasaje. Se debería tomar en cuenta que la muestra de agua tomada en cada estación de muestreo fue en la superficie de la microcuenca, esto podría reflejar valores menores como los obtenidos durante el estudio. Leda Castro y colaboradores<sup>81</sup> en su estudio realizado al Río Bermudez destacan que las variaciones entre los valores de conductividad, pH y temperatura están asociados al uso del suelo, a las épocas climáticas y la descarga de aguas servidas.

**Gráfico 3.** Conductividad eléctrica de las estaciones durante las campañas de muestreo.



**Fuente:** Autor

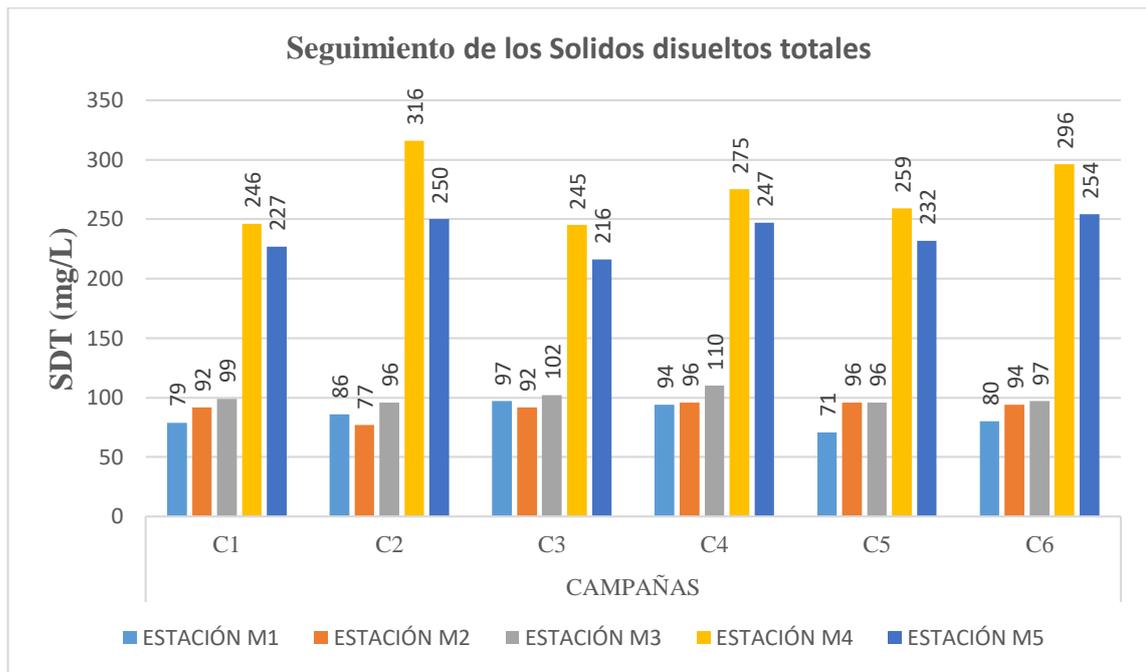
Beita y Barahona<sup>63</sup> en un estudio realizado en el Río Rincón (29 km) de similares longitudes al Río Palenque (23 km) pero bajo condiciones antrópicas distintas muestran que la conductividad eléctrica más alta registrada en el Río Rincón de 249,6 uS/cm. Mientras que en el Río Grande influenciado por un embalse, estudio presentado por David Carrera y colaboradores<sup>62</sup>, registraron hasta 411 uS/cm de conductividad, dichos valores guardan relación con el Río Palenque lo cual denotaría un mayor deterioro de su calidad a pesar de ser menos extenso que el Río Chone (95 km). Por su parte en el Río Bogotá (muy contaminado), se evaluó la influencia de las descargas de aguas domésticas e industriales en un tramo de la cuenca que comprende 3 km, se identificó una conductividad máxima de 187,5 uS/cm en una estación que presentaba contaminación importante del municipio de Villapinzón, Colombia.<sup>41</sup>

Y aun así, de los estudios antes mencionados; los datos de conductividad eléctrica siguen siendo menores que en el Río Rincón y Bogotá, y similares en el Río Grande al valor presentado en el Río Palenque, aunque cabe destacar que la densidad poblacional también debe considerarse, ya que en el tramo estudiado se 3 Km del Río Bogotá es menor que existente en la ciudad de Pasaje, además de que la microcuenca del Río Palenque recibe otros efluentes rurales.<sup>11</sup>

### **3.4. Sólidos disueltos totales.**

En ninguno de los resultados obtenidos de sólidos disueltos totales durante el estudio están por encima de los valores establecidos en la normativa de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua, al contrario, todos presentan valores están por debajo de los 450 mg/L por lo tanto es factible para el uso. Los sólidos disueltos totales guardan una estrecha relación con la conductividad eléctrica, mientras más sólidos se encuentren diluidos en el agua mayor será la presencia de iones en el medio, según los resultados obtenidos como se muestra en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, los sólidos presentes aumentaron considerablemente en la estación de muestreo 4, reduciendo levemente en la siguiente estación, lo máxima concentración reportada fue en la campaña 2, siendo esta de 316 mg/L.

**Gráfico 4.** Sólidos disueltos totales de las estaciones durante las campañas de muestreo.



**Fuente:** Autor

Xin Jin y colaboradores<sup>82</sup> en el Río Ziya, China (extremadamente eutrófico) determinaron que existe una estrecha relación con el material particulado en suspensión y la eutrofización, llegando a la conclusión de que el índice de eutrofización fue menor en épocas lluviosas debido a que en época áridas en el agua del río Ziya existe una mayor pérdida por ignición, lo que permite al fósforo permanecer suspendido por más tiempo, lo cual podría ser negativo en el control de la eutrofización. Mientras que Eugenia Olguín y colaboradores<sup>67</sup>, en un estudio realizado en una subcuenca del Río Sordo en épocas lluviosas, que se encuentra un 52,84% contaminado por aguas no depuradas las concentraciones de SDT oscilaron entre 75 – 275 mg/L, siendo inferiores a las presentadas por el Río Palenque.

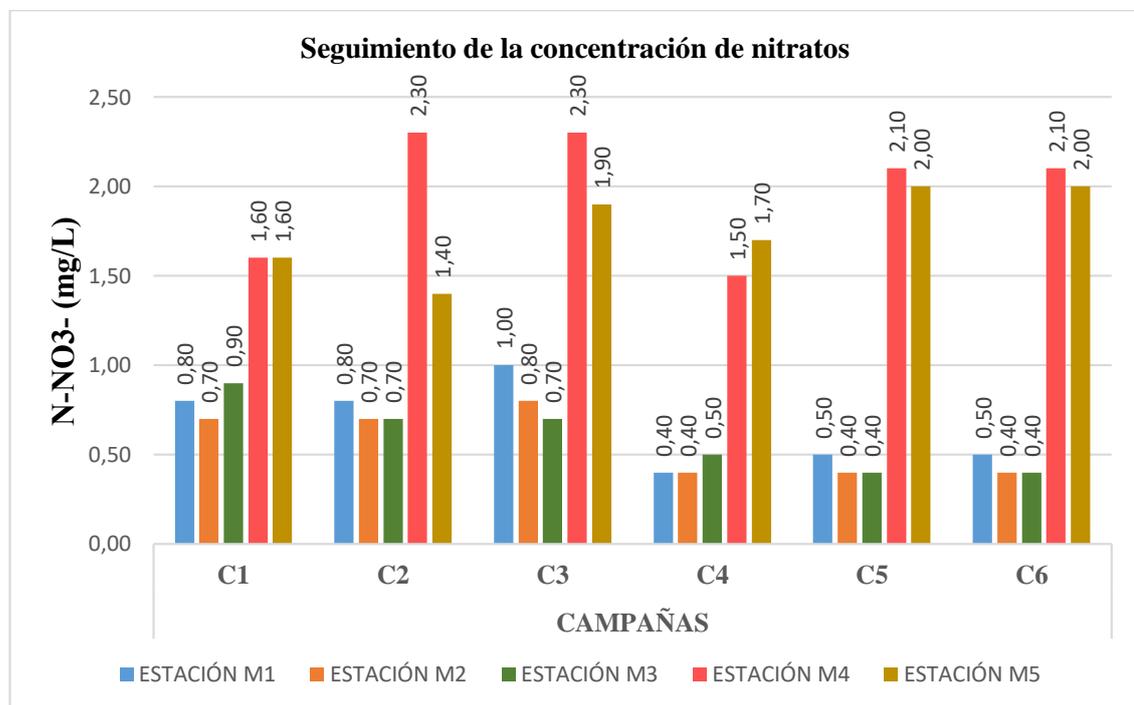
### 3.5. Nitratos.

El nitrato obtenido en todas las etapas de estudio está por debajo de los parámetros establecidos, se registraron valores entre 0.40 - 2.40 mg/L, por lo tanto, no existe ningún grado de restricción para este parámetro. Sin embargo, su análisis está influenciado por la temperatura de la microcuenca, siendo los muestreos realizados en la época más fría del año para la provincia de El Oro ubicada en el hemisferio sur del país, comprendidas entre marzo a septiembre<sup>75</sup>, lo cual podría influir en el ciclo del nitrógeno, en temperaturas

altas los organismos primarios aceleran el ciclo de nitrógeno haciéndolo biodisponible, conllevando a problemas medio ambientales que se atenúan en las costas<sup>83</sup>, para ello se debería considerar sus otras formas como lo es el amonio o nitrito.

El análisis de nitrato tuvo como fin determinar si cumplía con la normativa de calidad de aguas para riego, por lo tanto, no será tomado en cuenta para evaluar el estado trófico por la limitante que representa en cuanto a datos, y aunque, el nitrato se encuentra biodisponible, estudios relacionados a la eutrofización indican que lo más correcto es un análisis de nitrógeno total.<sup>17</sup> Isaac Rojas y colaboradores<sup>3</sup> en estudio analizado en la cuenca bajo del Río Mayo en México, evaluando la carga anual comprueban que la agricultura genera repercusiones negativas por la atribución de nitratos en conjunto con otras fuentes antrópicas que alteran los componentes de los sistemas naturales.

**Gráfico 5.** Concentración de nitratos de las estaciones durante las campañas de muestreo.



**Fuente:** Autor

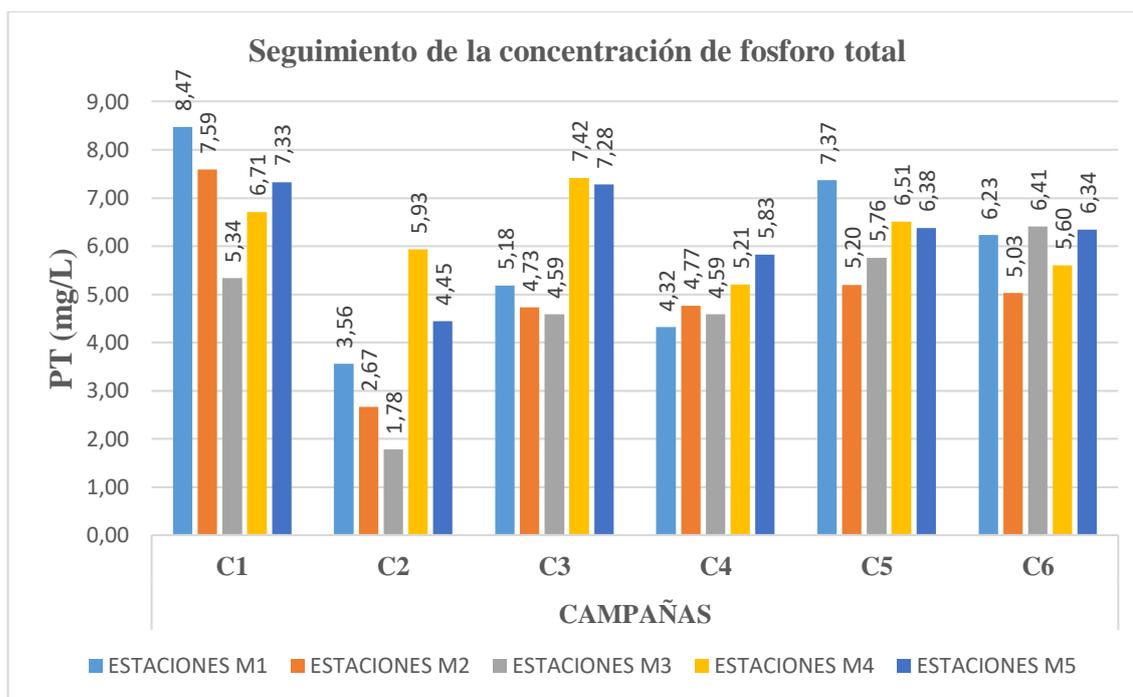
Como se puede observar en el **Gráfico 5** las concentraciones de nitratos son más altas en la estación 4 (influenciada por las descargas de la ciudad de Pasaje), siendo 2,30 mg /L, en las campañas 2 y 3. Wilson Beita y colaborador<sup>79</sup>, relacionan presencia de nitrato en el Río Rincón con las condiciones naturales de la cuenca en donde se identificaron rocas ígneas y actividad volcánica, con concentraciones menores a 2.0 mg/L, al igual que la

normativa establecida en el TULSMA, la regulación costarricense establece que concentraciones mayores a 5 mg/L desequilibran los ecosistemas acuáticos. Mientras que, Eugenia J. Olguín y colaboradores<sup>67</sup> en su estudio realizado al Río Sordo se determinaron concentraciones mayores de 10.50 mg/L y 8.50 mg/L en los primeros puntos de muestreo durante la época seca, y valores menores a los 2.0 mg/L en época lluviosa.

### **3.6. Fósforo Total**

José de Alencar Pinto y colaboradores<sup>5</sup> relacionan al nitrato y fosfato con la aplicación de materias orgánicas en el suelo, muy usadas en la agricultura actual, que aumenta la carga del nutriente por el escurrimiento o la resuspensión del fondo con el aumento del caudal en épocas lluviosas; en ríos de baja profundidad. Mientras que Mercedes Arauzo y colaboradores<sup>20</sup> en el estudio de la cuenca del Río Oja, España señalan como principal contaminante a los abonos nitrogenados (que a su vez son usados en conjunto con fuentes de fósforo) a lo largo de los últimos 20 años, que se atenúan durante las épocas más calientes, aunque podemos destacar en el **Gráfico 6** las concentraciones de fósforo total son constantes a pesar de obtener valores distintos en cada una de las campañas para cada estación, por lo tanto la microcuenca no es capaz de suprimir de manera natural el nutriente. Sin embargo, las variaciones pueden estar relacionados con las estaciones climáticas, por la actividad intensiva agrícola y uso del suelo.<sup>17</sup>

**Gráfico 6.** Concentración de fósforo total de las estaciones durante las campañas de muestreo.



**Fuente:** Autor

Como se muestra en el **Gráfico 6**, las concentraciones de fósforo total no parecen seguir el mismo patrón demostrado en los demás parámetros analizados en este trabajo. Al comparar los resultados obtenidos en este estudio con otros similares, se puede notar la diferencia en cuanto concentraciones de fósforo total expresadas en mg/L, Igor Castor y colaboradores<sup>28</sup> reportaron que en el Río Arari (considerado hipereutrófico), en el punto más contaminado de Cachoeira do Arari y se encuentra la concentración máxima de 2,14 mg/L de fósforo total. En condiciones similares se encuentra el Río Pompa, José Pinto y colaboradores<sup>5</sup>, determinaron que río se encuentra en estado hipertrófico, siendo la mayor concentración 586 ug/L o 0,586 mg/L, ambos ríos se encuentran en Brasil y están influenciados por la descarga de aguas residuales.

Luis Aubriot y colaboradores<sup>61</sup> en un estudio realizado en el Río Santa Lucía de Uruguay, usado para el abastecimiento de agua potable, determinaron concentraciones medias máximas de fósforo total de 2.5 mg/L, las concentraciones encontradas en esta cuenca son características de ríos de bajo caudal, aunque de alta incidencia de contaminantes, los autores caracterizaron al río como eutrófico a hipertrófico. El Río Usumacinta registra concentraciones máximas de 7,62 mg/L en puntos de muestreo donde predomina la

ganadería, dichos valores son mayores a los registrados en el Río Palenque, siendo de 8,47 mg/L (véase en **Gráfico 6**).

**Tabla 3.** Clasificación Trófica para ríos canadienses.

Estado trófico	Fósforo Total (mg P/L)
<b>Oligotrófico</b>	0,004 – 0,010
<b>Mesotrófico</b>	0,010 – 0,020
<b>Eutrófico</b>	0,035 – 0,100
<b>Hipertrófico</b>	> 0,100

**Fuente:** Canadian Council of Ministers of the Environment.

Según la legislación canadiense (ver **Tabla 3**) establece el estado trófico del agua con valores muy inferiores a los reportados en la microcuenca Palenque, lo cual refleja una preocupante situación sobre la carga contaminante que representa las descargas de sus aguas en el estero Motuche y posteriormente en el canal Jambelí<sup>85</sup>. Pues el riesgo que representan las concentraciones altas de fósforo total en los ríos, no es considerado en los criterios de calidad de aguas para el uso agrícola del TULSMA, Edición N° 387, 2015<sup>31</sup>, a pesar de que dicho sector aporta a la liberación y movilización del nutriente en los ríos en general.

### 3.7. Materia flotante.

**Tabla 4.** Identificación de la materia flotante en los puestos de muestreo.

MATERIA FLOTANTE		CAMPAÑAS					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
ESTACIÓN	<b>E1</b>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	<b>E2</b>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	<b>E3</b>	Ausencia	Visible	Ausencia	Visible	Visible	Ausencia
	<b>E4</b>	Visible	Visible	Visible	Visible	Visible	Visible
	<b>E5</b>	Visible	Visible	Visible	Visible	Visible	Visible

**Fuente:** Autor

Como se muestra en la **Tabla 4**, se visualizó materia flotante sobre la cuenca del Río Palenque, teniendo más presencia a partir de la estación de muestreo 4, a excepción de la

campaña 2, 4 y 5 en la estación 3. En la **Figura 10** se puede observar conglomerados de basura flotando sobre el agua que son más predominantes en las estaciones 4 y 5.

*Figura 10. Restos de basura en la estación 5 de muestreo.*



**Fuente:** Autor

Evidentemente la descarga de aguas del sector El Cangrejo y La Sabana de la ciudad de Pasaje, influye directamente en la calidad del agua, dando lugar a la formación de conglomerados de residuos sobre la misma y a sus orillas, además de la presencia de películas de aceite y abundante espuma que son comúnmente visibles en los dos últimas estaciones de muestreo tal como se puede observar en la **Figura 11**, esto podría ser causado por el uso de detergentes durante el proceso de producción de banano o por la influencia de aguas de origen doméstico.

**Figura 11.** Espuma a las orillas de la microcuenca entre la estación 4 y 5.



**Fuente:** Autor

La materia flotante sobre el Río Palenque podría ocasionar el transporte de comunidades de patógenos a través del recorrido de la microcuenca, ocasionando la proliferación en los diferentes tipos de cultivos de la zona que usan el caudal para abastecer de agua a los sembríos. Lucía Corrales y colaboradores<sup>39</sup>, en un estudio realizado a la cuenca media del Río Bogotá que es utilizado para el riego de cultivos, presenta un deterioro progresivo a razón de la descarga de desechos domésticos, se identificaron organismos patógenos como el *fusarium sp.* y *penicillium sp.* que producen efectos negativos en plantaciones de banano, lo cual podría significar un grave problema para la provincia de El Oro debido a la posible llegada del *fusarium oxyporum cubense* Raza 4 Tropical (R4T) causante del marchitamiento<sup>86</sup>, ya reportado en otras zonas de Latinoamérica y que hasta la fecha tiene en alerta a Ecuador.

### 3.8. Aceites y grasas.

*Tabla 5. Identificación de aceites y grasas en los puestos de muestreo.*

ACEITES Y GRASAS		CAMPAÑAS					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
ESTACIÓN	E1	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	E2	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	E3	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	E4	Película visible					
	E5	Película visible					

**Fuente:** Autor

En este estudio se evaluó la presencia de la película de aceite con el fin de comparar con la normativa de calidad de aguas de riego. Sin embargo, es necesario cuantificar el contenido suspendido en la superficie del agua con el fin compararlo con estudios similares. A simple vista y como se muestra en la **Tabla 5** a partir de la estación de muestreo 4, se pueden observar películas de grasas en el agua, esto puede deberse a la filtración de aceites provenientes de bombas que succionan el agua de la cuenca para abastecer del líquido vital a los sembríos de banano y de las descargas directas de aguas de origen doméstico.

### 3.9. Vida acuática

La ausencia de vida acuática más allá de ser un indicador de contaminación, puede demostrar otros factores asociados como la carencia de oxígeno disuelto en el agua o poca penetración de luz hacia el fondo de la cuenca; debido a la turbidez, que a su vez es ocasionada por un alto contenido de sólidos disueltos en el medio. A partir de la estación 4 (véase en la **Tabla 6**), no se evidenció la presencia de peces, tal como ocurría en estaciones anteriores, acompañado de malos olores y materia flotante sobre la cuenca como desechos plásticos y restos agrícolas.

**Tabla 6.** Identificación de vida acuática en los puestos de muestreo.

VIDA ACUÁTICA		CAMPAÑAS					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
ESTACIÓN	E1	Visible	Visible	Visible	Visible	Visible	Visible
	E2	Visible	Visible	Visible	Visible	Visible	Visible
	E3	Visible	Visible	Visible	Visible	Visible	Visible
	E4	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	E5	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

**Fuente:** Autor

David Marcogliese y colaborador<sup>87</sup> en un estudio realizado a dos especies de peces en el Río Richelieu, Canadá, (con zonas consideradas eutróficas y mesotróficas), con una cuenca expuesta a efluentes municipales, se determinó que las especies *Notropis hudsonius* y *Luxilus cornutus* son hospedadoras de parásitos *mixozoos*, dichos organismos altamente infecciosos, son capaces de formar esporas y vivir en la bilis, representan un riesgo para la vida acuática, ya que aumentan la mortandad en peces juveniles, aunque también son capaces de generar problemas de salud a anfibios e incluso aves.<sup>88</sup>

La pérdida de comunidades de peces guarda relación con el agotamiento de oxígeno, que no son comunes en río debido a que en sistemas lóticos el agua se airea con el avance del cauce, aunque pueden existir otras causas como lo reportado por Iori Mishima y colaboradores<sup>89</sup> donde el impacto de aguas residuales que además de producir óxido nitroso (gas de efecto invernadero) aumenta la actividad fotosintética, acidificando el agua. Sin embargo, a pesar de las condiciones aireadas de los ríos, el daño puede alcanzar a zonas costeras, se ha reportado por Nancy N. Rabalais<sup>90</sup> que en el golfo de México (adyacente al Río Mississippi) existe un incremento de producción primaria por fitoplancton disminuyendo el oxígeno disuelto provocando puntos muertos de 22.000 km en el golfo provocando muerte de peces por hipoxia.

### 3.10. Malezas

#### 3.10.1 *Colocasia esculenta*

*Tabla 7. Identificación de la maleza Colocasia esculenta en los puestos de muestreo.*

Maleza ( <i>Colocasia esculenta</i> )		CAMPAÑAS					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
ESTACIÓN	E1	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	E2	Visible	Visible	Visible	Visible	Visible	Visible
	E3	Visible	Visible	Visible	Visible	Visible	Visible
	E4	Visible	Visible	Visible	Visible	Visible	Visible
	E5	Visible	Visible	Visible	Visible	Visible	Visible

**Fuente:** Autor

Las condiciones climáticas y procesos eutróficos originados por un alto contenido de nutrientes debido a la contaminación antrópica, tienden a alterar la vegetación ribereña de las cuencas en los ríos.<sup>71</sup> Durante los muestreos realizados en el Río Palenque como se muestra en la **Tabla 7**, se identificaron Malezas distribuidas a lo largo de la microcuenca, cabe destacar que no toda el área fue analizada, por ser zonas poco accesibles o propiedades privadas, en su mayoría haciendas bananeras y balnearios. Sin embargo, mediante la observación, las malezas de las especies descritas son visibles a partir de la estación 2.

*Figura 12. Colocasia esculenta en la microcuenca entre la estación 2 y 3.*



**Fuente:** Autor

Especies como *Colocàsia esculenta* o también denominada papa china (véase en la **Figura 12**) fue identificada en las estaciones de muestreo 2, 3, 4 y 5 a las orillas, e incluso en el centro de la microcuenca. Filip Verloove y colaboradores<sup>91</sup>, en un estudio realizado en la península Ibérica, España, identificaron la especie como invasora en distintas localidades, mostrando una capacidad para adaptarse y un riesgo ecológico que no se había registrado en años anteriores, debido a que la *C. esculenta* migró hacia las riberas de los ríos, sobre todo en áreas cálidas, los autores destacan que se debería realizar una revisión en otras zonas invadidas con el fin de analizar el riesgo de dicha especie en toda la comunidad europea, por la capacidad de proliferar rápidamente y desplazar a otras especies autóctonas.

### 3.10.2. *Arundo donax*

**Tabla 8.** Identificación de la maleza *Arundo donax* en los puestos de muestreo.

Maleza ( <i>Arundo donax</i> )		CAMPAÑAS					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
ESTACIÓN	E1	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	E2	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	E3	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	E4	Visible	Visible	Visible	Visible	Visible	Visible
	E5	Visible	Visible	Visible	Visible	Visible	Visible

**Fuente:** Autor

En las zonas más afectadas por la descarga de aguas residuales sin previo tratamiento como en la estación 4 y 5 (véase en la **Figura 13**) se identificó la especie *Arundo donax* que puede llegar a medir hasta 8 metros de altura, es muy común en muchas partes del mundo, en terrenos inundados y subtropicales, la presencia de esta especie puede causar en aumento significativo de los sedimentos.<sup>92</sup> Por lo tanto, se puede decir que el hábitad propicio para la propagación de *Arundo* son zonas contaminadas de abundante materia orgánica y condiciones de humedad. Angélica Herrera y colaborador<sup>93</sup>, en un estudio realizado en área ribereñas en california, determinaron que la presencia de la hierba reduce la biodiversidad de insectos, que a su vez son alimento de aves, alterando los

ecosistemas de las riberas. Mientras que Molly Moore y colaboradores<sup>94</sup> en Valle del Río, California, encontraron una relación entre la dinámica depredador-presa, donde las especies de presa se encontraron mayormente concentradas en parcelas de *Arundo*, llegando a la conclusión de que los pequeños ecosistemas establecidos, se ven alterando por la invasión de la hierba perenne.

**Figura 13.** *Arundo donax* y *colocásia esculenta* en la microcuenca en la estación 4 y 5.

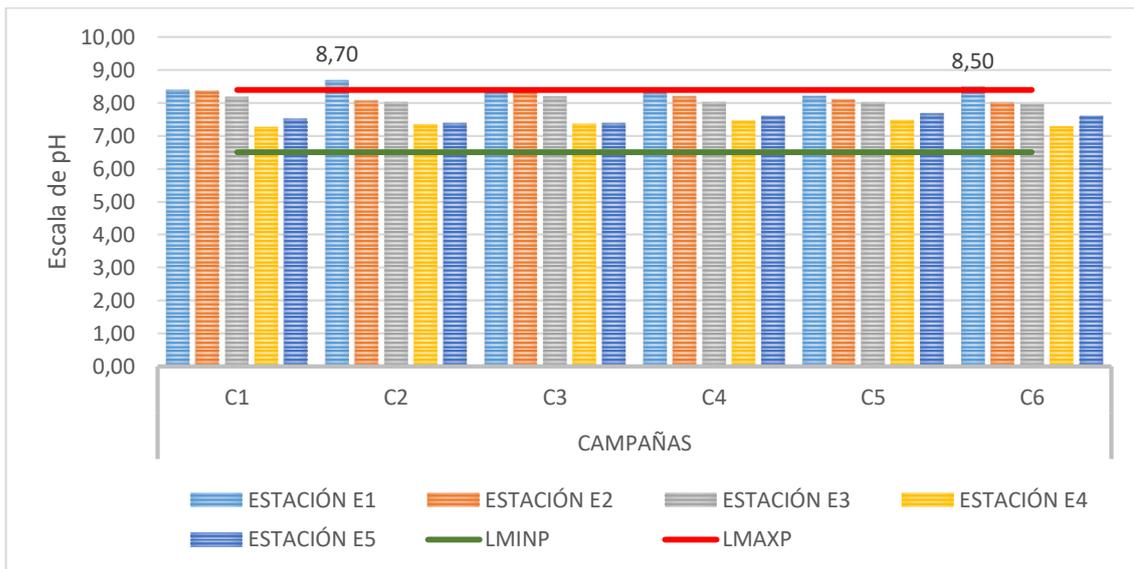


**Fuente:** Autor

### **3.11. Comparación de los parámetros de calidad de aguas para uso agrícola en riego de la microcuenca del Río Palenque.**

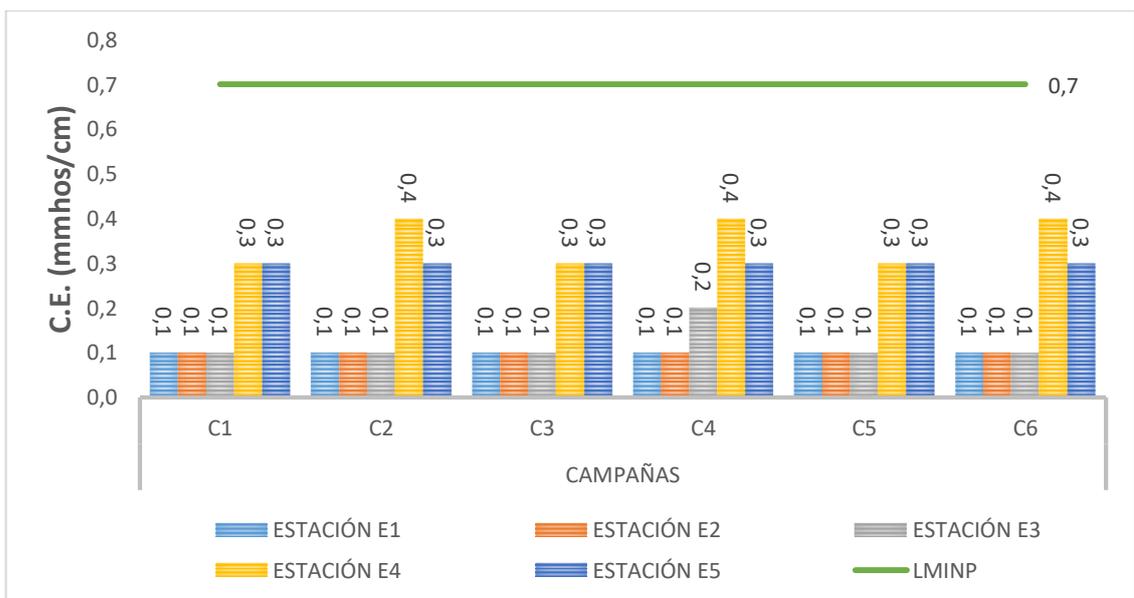
En los siguientes gráficos se puede observar que el agua de la microcuenca del Río Palenque en los puntos de muestreo o estaciones analizadas durante las 6 campañas de estudio, se encuentra dentro de los límites permitidos en la normativa de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua. Por lo tanto, puede ser usada para el riego agrícola y cumple en los siguientes parámetros:

**Gráfico 7.** Variación de pH de las estaciones de muestreo durante las campañas.



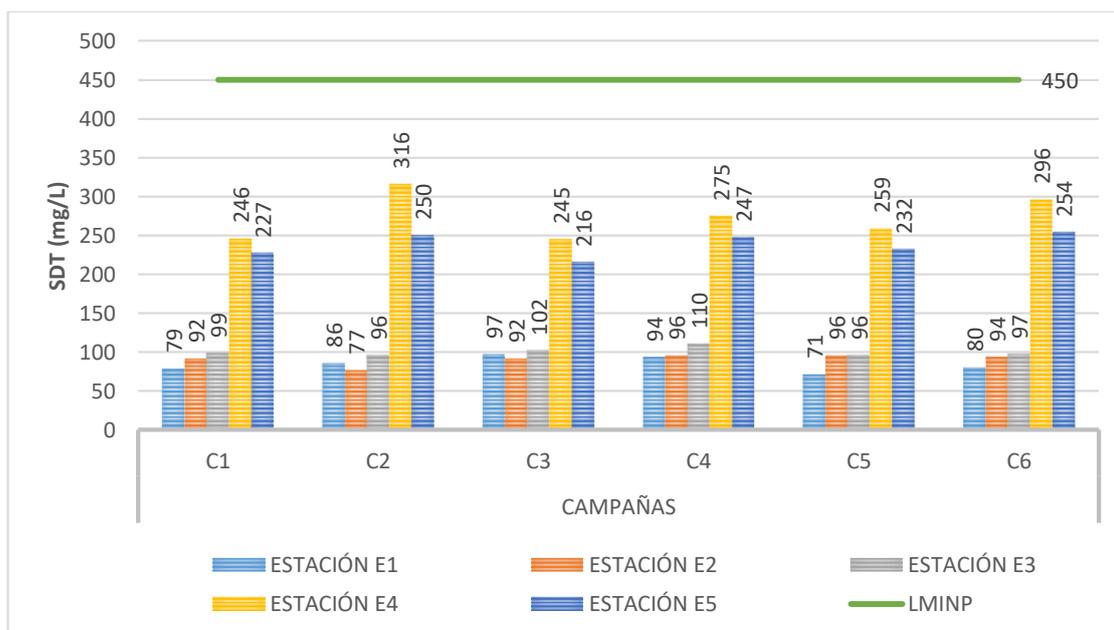
**Nota:** En la estación 1 de muestreo el agua es prácticamente cristalina y a pesar de que en las campañas 2 y 6 el pH está fuera de lo establecido en la norma, en dicha estación no se encuentra ningún tipo de monocultivo (comúnmente de banano). Por lo tanto, no se incumple lo establecido en la ley en ninguna de las estaciones de muestreo. **Fuente:** Autor

**Gráfico 8.** Variación de la conductividad eléctrica de las estaciones de muestreo durante las campañas.



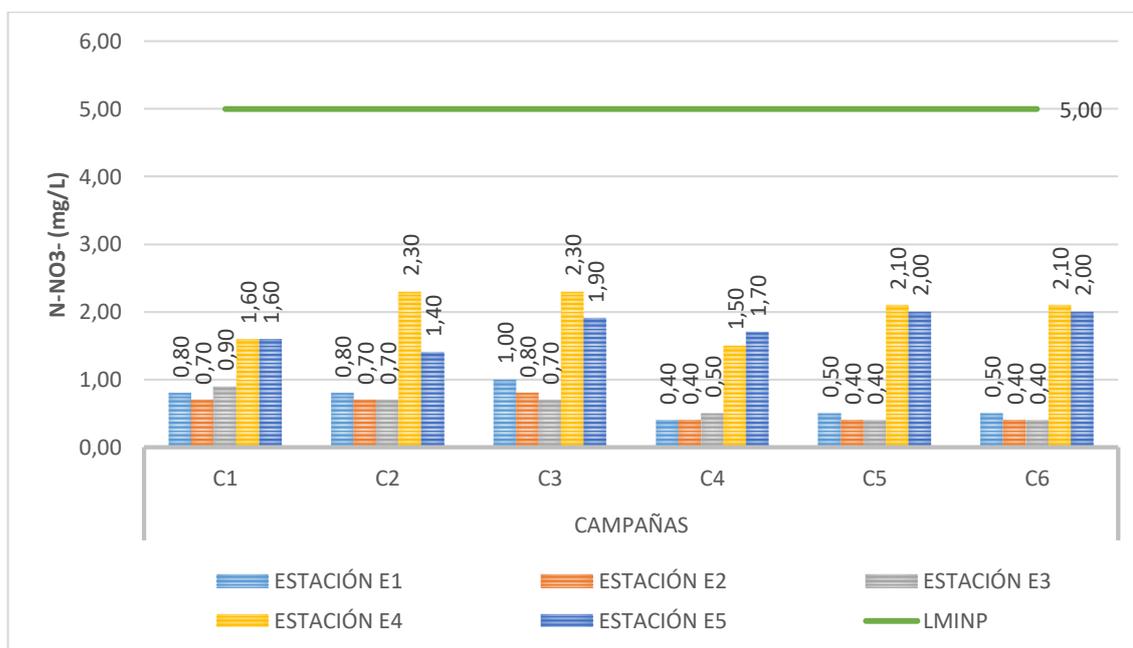
**Fuente:** Autor.

**Gráfico 9.** Variación de sólidos disueltos totales de las estaciones de muestreo durante las campañas.



**Fuente:** Autor.

**Gráfico 10.** Variación de nitratos de las estaciones de muestreo durante las campañas.



**Fuente:** Autor

Sin embargo, para el parámetro de materia flotante (véase en la **Tabla 4**) los restos plásticos, basura agrícola o espumas se pueden evidenciar a partir de la estación 3 en varias de las campañas de estudio como se muestra en la **Tabla 9**, por lo tanto no se cumple en su totalidad con la normativa. Mientras que los aceites y grasas (ver en la

**Tabla 5)**, a partir de la estación de muestreo 4, se observan películas de aceites en la superficie del agua, en la **Tabla 10** se puede ver que no cumplen con la norma y deja en evidencia el deterioro de la microcuenca en su recorrido, empeorando después de las descargas realizadas en la ciudad de Pasaje.

*Tabla 9. Cumplimiento con la normativa de Materia flotante.*

MATERIA FLOTANTE		CAMPAÑAS					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
ESTACIÓN	E1	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
	E2	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
	E3	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	No cumple	Cumple
	E4	No cumple					
	E5	No cumple					

Fuente: Autor

*Tabla 10. Cumplimiento con la normativa de aceites y grasas.*

ACEITES Y GRASAS		CAMPAÑAS					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
ESTACIÓN	E1	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
	E2	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
	E3	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
	E4	No cumple					
	E5	No cumple					

Fuente: Autor

Otro aspecto que se considerar para asegurarse de la calidad del agua para riego agrícola del Río Palenque; es la determinación de unidades formadoras de colonias de *E. Coli* en la estación 4 y 5 de muestreo, debido a que el sector La Sabana ocurren descargas directas

de aguas residuales no depuradas proveniente de las lagunas de oxidación, puesto que la normativa prohíbe explícitamente que el uso de estas aguas a excepción que hayan pasado por un proceso de tratamiento o depuración y cumpla con los demás criterios establecidos en la norma. Como se muestra en la **Figura 14** el efluente resultante de las lagunas de oxidación (que no cumple con el proceso de depuración completa de aguas) desemboca directamente en la microcuenca del Río Palenque.

*Figura 14. Canal de desagüe de las lagunas de oxidación hacia microcuenca del Río Palenque.*



**Fuente:** Autor

### **3.13. Análisis del estado trófico en las aguas superficiales de la microcuenca del Río Palenque mediante el índice de eutrofización por nutrientes modificado para fósforo total.**

Mediante el uso de la ecuación de Michael Karydis y colaboradores propuesta en el año 1983 se determinará la carga de nutrientes en cada estación de muestreo, para ello se realizó un análisis de fósforo total a cada una de las muestras recolectadas durante las campañas de estudio.

Donde:

**C:** representa las campañas realizadas durante el estudio.

**M:** las muestras recolectadas o también las estaciones de recolección de muestras.

**$\Sigma X$ :** la sumatoria total del nutriente en un punto de muestreo o estación durante cada campaña.

**$\Sigma M$ :** es la sumatoria total del nutriente en cada campaña, la sumatoria total del nutriente durante todas las campañas.

**IE:** es el índice de eutrofización en cada punto o estación de muestreo.

**Tabla 11.** Determinación del índice trófico por nutrientes modificado para fósforo total en cada estación de muestreo.

FÓSFORO TOTAL		CAMPAÑAS						$\Sigma X$	IE
		C1	C2	C3	C4	C5	C6		
ESTACIONES	E1	8,47	3,56	5,18	4,32	7,37	6,23	35,13	<b>3,97</b>
	E2	7,59	2,67	4,73	4,77	5,20	5,03	29,99	<b>3,67</b>
	E3	5,34	1,78	4,59	4,59	5,76	6,41	28,47	<b>3,58</b>
	E4	6,71	5,93	7,42	5,21	6,51	5,60	37,38	<b>4,10</b>
	E5	7,33	4,45	7,28	5,83	6,38	6,34	37,61	<b>4,12</b>
	$\Sigma C$	35,44	18,39	29,20	24,72	31,22	29,61	<b>168,58</b>	

**Fuente:** Autor

Usando el índice de eutrofización por nutrientes modificado para fósforo total en las diferentes estaciones de muestreo de la microcuenca del Río Palenque, se pudo determinar que desde la estación 1 a la 5 se encuentran en estado mesotrófico, siendo de 3 – 5, con una tendencia a eutróficas. Cabe destacar que los datos ingresados son en mg/L a diferencia de otros estudios realizados, como el presentado por José Pinto y colaboradores<sup>5</sup>, en donde el Río Pomba se encuentra en estado oligotrófico hasta hipereutrofico, con datos ingresados en ug/L, dicha tendencia está asociada a tramos receptores de efluentes domésticos e industriales. En la costa sur de Tamaulipas donde se usó el mismo índice, Ulloa M. y colaborador<sup>72</sup>, determinaron como oligotrófica para las épocas lluviosa y seca, sin embargo, en otros aspectos no se cumplió con los criterios establecidos en la normativa mexicana.

Tomando en cuenta los resultados mostrados en estudios similares, se puede decir que, a pesar del estado trófico de las aguas estudiadas, no refleja la contaminación atribuida a

los efluentes, ya que depende mucho de del caudal del río, las condiciones climáticas u otros actores antrópicos. Por otra parte la normativa canadiense para ríos (véase en la **Tabla 3**. Clasificación Trófica para ríos canadienses. indica que concentraciones mayores a 0,10 mg/L de fósforo demuestran que el cuerpo de agua se encuentra en estado hipereutrófico.<sup>84</sup> Lo cual ubicaría a la microcuenca del Río Palenque en dicha categoría, siendo la mayor concentración de 8,47 mg/L fósforo total y la menor 1,78 mg/L.

## CAPÍTULO IV

### 4. CONCLUSIONES

- Se realizó un análisis in situ en las aguas superficiales del Río Palenque siguiendo los lineamientos de las Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2226:2013 de técnicas de muestreo y del manejo y conservación de muestras con la finalidad de garantizar resultados fiables que puedan servir de referencia para estudios posteriores.
- Según la comparación de datos obtenido durante este estudio con la norma de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), las aguas del Río Palenque en los parámetros estudiados, están dentro de los límites permisibles, por lo cual sus aguas pueden ser usadas para el uso agrícola o riego, exceptuando los parámetros materia flotante y aceite & grasas de las estaciones 4 y 5 donde se puede evidenciar restos de basura plásticas, residuos agropecuarios, manchas de aceite en la superficie y espumas. También se observó que el pH en la estación 1 en la campaña 2 y 6 están fuera de los límites permitidos, considerando que en esta estación no se encuentra concentrado ningún tipo de monocultivo como lo son las plantaciones de banano, trigo y cacao.
- El estado trófico por nutrientes fue modificado para fósforo total por contribuir a la nutrición de organismos fotosintéticas y una de las razones principales de la eutrofización. Aplicando la fórmula propuesta por Michael karydis y colaborador, se determinó que la microcuenca del Río Palenque durante las campañas de estudio se encuentra en estado mesotrófico en todos sus puntos de muestreo o estaciones con una tendencia hacia eutrófico, siendo la estación 5 la de mayor valor, 4,12 y 3,58 en la estación 3. Mientras que la campaña 1 mostró una carga sumatoria total de nutrientes de 35,4 mg/L hasta el estero Motuche.

## CAPÍTULO V

### 5. RECOMENDACIONES

- Debido a la afluencia de aguas no depuradas en el sector El Cangrejo y La Sabana de la ciudad de Pasaje provenientes de las lagunas de oxidación, se recomienda realizar un análisis de coliformes fecales y huevos de parásito en las estaciones 3, 4 y 5 para compararlos con la normativa, debido a que según la misma solo es permitido 1000 NMP/100ml de coliformes fecales.
- En el estudio presentado se analizó la índice eutrofización de la microcuenca tomando datos de tan solo 6 campañas que fueron semanalmente, para obtener un mayor número de datos se recomienda realizar un estudio durante un tiempo más prolongado, preferiblemente dividiendo el estudio en épocas lluviosas y de estío o considerar un estudio anual para estimar la carga total de nutrientes.
- A razón de las fluctuaciones estacionales y demás factores que pueden influir en el índice de eutrofización, se debería considerar en estudios posteriores, otras variables como por ejemplo la cantidad de DQO y DBO, entre otras, y así demostrar de manera más eficiente el impacto de la agricultura y las descargas de aguas residuales sobre los ríos.
- Se recomienda extender los puntos de muestreo o incluso realizar un estudio más profundo en donde se estime la carga de nutrientes totales que se depositan en el canal Jambelí, ya que el estudio presentado por Luis Troccoli y colaborador<sup>21</sup>, consideran que el canal Jambelí influye negativamente sobre el Golfo de Guayaquil debido al impacto de la agricultura intensiva y la descargas de aguas no depuradas.

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) FAO. *Código Internacional de Conducta Para El Uso y Manejo de Fertilizantes*; Roma, 2019.
- (2) Ouda, B. A.; Mahadeen, A. Y. Effect of Fertilizers on Growth, Yield, Yield Components, Quality and Certain Nutrient Contents in Broccoli (Brassica Oleracea). *Int. J. Agric. Biol.* **2008**, *10* (6), 627–632.
- (3) Rojas-Rodríguez, I. S.; Coronado-García, M. A.; Rossetti-López, S. R.; Beltrán-Morales, F. A. Contaminación Por Nitratos y Fosfatos Provenientes de La Actividad Agrícola En La Cuenca Baja Del Río Mayo En El Estado de Sonora, México. *Rev. TERRA Latinoam.* **2020**, *38* (2), 247–256. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.642>.
- (4) Flacso-Sede Ecuador; Ministerio de Ambiente del Ecuador; PNUMA. GEO Ecuador 2008: Informe Sobre El Estado Del Medio Ambiente. *Flacso-Mae-Pnuma* **2008**, No. October, 192. <https://doi.org/10.13140/2.1.2153.3120>.
- (5) Farage, J. de A. P.; Matos, A. T. de; Silva, D. D. da; Borges, A. C. Determinación Del Índice Estatal Trófico de Fósforo En Puntos de Río Pomba. *Rev. Eng. NA Agric.* - *REVENG* **2010**, *18* (4), 322–329. <https://doi.org/10.13083/reveng.v18i4.98>.
- (6) Serrano, L.; Bravo-Utrera, M. A.; Jiménez, A.; Prenda, J.; Martín, I.; Pidre, J. R.; Salas, J. J. La Contaminación Por Eutrofización En Arroyos Que Vierten a La Marisma de Doñana. In *Congreso Ibérico, Faro*; Sevilla, 2006.
- (7) Morales, B.; Chávez, G. Estimación de La Carga de Nutrientes Procedentes de La Cuenca de Drenaje Superficial Del Rio Tepenaguasapa. *Nexo Rev. Científica* **1970**, *23* (1), 18–26. <https://doi.org/10.5377/nexo.v23i1.35>.
- (8) Abella G., Johanna P.; Martínez C., M. J. Contribución de Un Afluente Tributario a La Eutrofización Del Lago de Tota. *Rev. Colomb. Química* **2012**, *41.2*, 243–262.
- (9) Ledesma, C.; Bonansea, M.; Rodriguez, C. M.; Sánchez Delgado, A. R. Determinación de Indicadores de Eutrofización En El Embalse Río Tercero, Córdoba (Argentina). *Rev. Ciência Agronômica* **2013**, *44* (3), 419–425. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000300002>.

- (10) Apolo Tinoco, Alex Ivan; Pineda Pacheco, R. A. Generar Un Plan de Ordenamiento Territorial de La Cuenca Alta de La Micro Cuenca Del Río Palenque., Univerddidad Técnica de Machala, 2016.
- (11) Brito Zamba, P. M. Análisis de Agua Río Palenque Por Descargas de Aguas Servidas Del Cantón Pasaje - Sector La Sabana., Universidad de Guayaquil, 2016.
- (12) Eugercios Silva, A. R.; Álvarez-Cobelas, M.; Montero González, E. Impactos Del Nitrógeno Agrícola En Los Ecosistemas Acuáticos. *Ecosistemas*. 2017, pp 37–44. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2017.26-1.06>.
- (13) Vargas Cedillo, N. M.; Bustos Troya, C. E.; Ordoñez Contreras, O. S.; Calle Iñiguez, M. P.; Noblecilla Grunauer, M. S. Uso y Aprovechamiento de Los Recursos Naturales y Su Incidencia En El Desarrollo Turístico Local Sostenible. Caso Pasaje. *Rev. Interam. Ambient. y Tur.* **2017**, 13 (2), 206–217. <https://doi.org/10.4067/S0718-235X2017000200206>.
- (14) Galárraga Sánchez, R. H. *Agua Para El Siglo XXI Para America Del Sur: Informe Ecuador*; Quito, 2000.
- (15) Cartuche Paqui, D. V.; Noriega Tito, E. L. Factores Que Influyen En La Percepción de Servicios de Los Ecosistemas Para El Desarrollo Ecoturístico Del Humedal La Tembladera. *INNOVA Res. J.* **2018**, 3 (9), 53–62. <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n9.2018.633>.
- (16) Guio Torres, M. P.; Rodríguez Rivera, M. Evaluación de La Influencia de Descargas Difusas En El Grado de Eutrofización de Un Cuerpo de Agua Léptico a Través Del Modelo PLOAD. Caso de Estudio Lago de Tota, Universidad de La Salle, 2019.
- (17) Ferat, M. A.; Galaviz Villa, I.; Partida Sedas, S. Evaluation of Nitrogen and Total Phosphorus in Agricultural Runoff in the Lower Basin of the Usumacinta River (Tabasco, México). *Ecosistemas* **2020**, 29 (1), 0–5. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1879>.
- (18) Fontúrbel Rada, F. Algunos Criterios Biológicos Sobre El Proceso de Eutrofización a Orillas de Seis Localidades Del Lago Titikaka. *Ecol. Apl.* **2016**, 2 (1–2), 75. <https://doi.org/10.21704/rea.v2i1-2.250>.

- (19) Martínez Fernández, J.; Fitz, C.; Esteve-Selma, M. Á.; Guaita, N.; Martínez-Lopez, J. Modelización Del Efecto de Los Cambios de Uso Del Suelo Sobre Los Flujos de Nutrientes En Cuencas Agrícolas Costeras: El Caso Del Mar Menor (Sudeste de España). *Ecosistemas* **2013**, 22 (3), 84–94. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2013.22-3.12>.
- (20) Arauzo, M.; Valladolid, M.; Martínez-Bastida, J. J.; Gutiérrez, C. Dinámica Espacio-Temporal Del Contenido En Nitrato de Las Aguas Superficiales y Subterráneas de La Cuenca Del Río Oja (La Rioja, España): Vulnerabilidad Del Acuífero Aluvial. *Limnetica* **2006**, 25 (3), 753–762. <https://doi.org/10.23818/limn.25.52>.
- (21) Troccoli-Ghinaglia, L.; Prado España, M. Estado Trófico y Estructura Comunitaria Del Microfitoplancton En Un Sector Del Golfo de Guayaquil, Ecuador. *Biota Colomb.* **2018**, 18 (2), 146–164. <https://doi.org/10.21068/c2017.v18n02a09>.
- (22) García, F. G.; Miranda, V. R. Eutrofización, Una Amenaza Para El Recurso Hídrico. In *Volumen II de la Colección: Agenda pública para el desarrollo regional, la metropolización y la sostenibilidad*; Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C, Coeditores: Ciudad de México, 2018; pp 35–367.
- (23) Másmela-Mendoza, J. E.; Lizarazo, L. M.; Aranguren Riaño, N. J. Bacterias Nitrificantes Cultivables de La Zona Limnética Del Lago de Tota, Boyacá. *Rev. U.D.C.A Actual. Divulg. Científica* **2019**, 22 (2). <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n2.2019.1378>.
- (24) Yan, Z.; Han, W.; Peñuelas, J.; Sardans, J.; Elser, J. J.; Du, E.; Reich, P. B.; Fang, J. Phosphorus Accumulates Faster than Nitrogen Globally in Freshwater Ecosystems under Anthropogenic Impacts. *Ecol. Lett.* **2016**, 19 (10), 1237–1246. <https://doi.org/10.1111/ele.12658>.
- (25) Sosa-Ávalos, R.; Millán-Núñez, E.; Quijano-Scheggia, S. I.; Lara-Lara, J. R.; Silva-Iñiguez, L. Variabilidad Del Coeficiente de Absorción Por Fitoplancton Con Influencia de Marea Roja En Las Bahías de Manzanillo y Santiago, México. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* **2015**, 50 (3), 427–438. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572015000400003>.

- (26) Ruiz Gómez, A.; Mancera Pineda, J. E. Potentially Toxic Dinoflagellates Associated to Seagrass on Isla de Barú, Colombian Caribbean, During El Niño. *Acta Biológica Colomb.* **2019**, *24* (1), 109–117. <https://doi.org/10.15446/abc.v24n1.61799>.
- (27) ki-moon, B. Día Mundial del Agua <https://www.cepal.org/fr/node/13044> (accessed Aug 27, 2021).
- (28) Alves, I. C. C.; El-Robrini, M.; Santos, M. de L. S.; Monteiro, S. de M.; Barbosa, L. P. F.; Guimarães, J. T. F. Qualidade Das Águas Superficiais e Avaliação Do Estado Trófico Do Rio Arari (Ilha de Marajó, Norte Do Brasil). *Acta Amaz.* **2012**, *42* (1), 115–124. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000100014>.
- (29) Luna-Robles, E. O.; Cantú-Silva, I.; González-Rodríguez, H.; Marmolejo-Monsiváis, J. G.; Yáñez-Díaz, M. I.; Béjar-Pulido, S. J. Nutrient Input via Gross Rainfall, Throughfall and Stemflow in Scrubland Species in Northeastern Mexico. *Rev. Chapingo Ser. Ciencias For. y del Ambient.* **2019**, *25* (2), 235–251. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2018.12.096>.
- (30) Lazo Serrano, C. A.; Bastidas, M. I.; Aguilar, F. E.; Calle, M. P. La Potencialidad Turística y Sus Oportunidades De Emprendimiento. Caso Pasaje. *INNOVA Res. J.* **2017**, *2* (8.1), 1–21. <https://doi.org/10.33890/innova.v2.n8.1.2017.320>.
- (31) Ministerio del Ambiente. *Norma De Calidad Ambiental Y De Descarga De Efluentes: Recurso Agua*; Ministerio del Ambiente: Quito, 2015; p 407.
- (32) FLACSO; MAE; PNUMA. *Estado Del Agua*; Quito, 2008.
- (33) Carrera Reyes, C.; Porras Araujo, L.; Garzón Santomaro, C. El Agua: Servicio Ambiental Para La Conservación y Sostenibilidad. In *Propuesta para el establecimiento del Subsistema de Áreas Naturales de Conservación y Diseño del Corredor Ecológico de la provincia de El Oro: Una guía para el desarrollo de estrategias del investigación, conservación y manejo de la biodiversidad oreense*; Santomaro Garzón, C., Albuja Prieto, F., Molina Brito, J., Jaén Mena, J. L., Eds.; GADPEO-INABIO: Quito, 2019; p 203.
- (34) Valdiviezo Rivera, J.; Garzón Santomaro, C.; Inclán Luna, D.; Mena Jaén, J.; González Romero, D. *Ecosistemas Dulceacuícolas de La Provincia de El Oro, Peces y Macroinvertebrados Acuáticos Como Indicadores Biológicos Del Páramo*

*Al Manglar*, Miscelánea.; Valdiviezo Rivera, J., Garzón Santomaro, C., González Romero, D., Inclán Luna, D., Mena Jaé, J. L., Eds.; Imprenta Monsalve Moreno Cía. Ltda: Quito, 2018; Vol. 10.

- (35) MAGAP. *La Política Agropecuaria Ecuatoriana. Hacia El Desarrollo Territorial Rural Sostenible 2015-2025*, 1 Parte.; Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca: Quito, 2016.
- (36) Guadarrama-Brito, M. E.; Galván Fernández, A. Impacto Del Uso de Agua Residual En La Agricultura. *Rev. Iberoam. las Ciencias Biológicas y Agropecu.* **2015**, 4 (7), 22–44.
- (37) Vázquez-Alarcón, A.; Justin-Cajuste, L.; Siebe-Grabach, C.; Alcántar-González, G.; De La Isla De Bauer, M. D. L. Cadmio, Níquel y Plomo En Agua Residual, Suelo y Cultivos En El Valle Del Mezquital, Hidalgo, México. *Agrocencia* **2001**, 35 (3), 267–274.
- (38) Mok, H.-F.; Hamilton, A. J. Exposure Factors for Wastewater-Irrigated Asian Vegetables and a Probabilistic Rotavirus Disease Burden Model for Their Consumption. *Risk Anal.* **2014**, 34 (4), 602–613. <https://doi.org/10.1111/risa.12178>.
- (39) Corrales Ramírez, L. C.; Sánchez Leal, L. C.; Quimbayo Salamanca, M. E. Microorganismos Potencialmente Fitopatógenos En Aguas de Riego Proveniente de La Cuenca Media Del Rio Bogotá. *Nova* **2018**, 16 (29), 71–89. <https://doi.org/10.22490/24629448.2691>.
- (40) Acosta-Arce, L.; Agüero-Alvarado, R. Malezas Acuáticas Como Componentes Del Ecosistema. *Agron. Mesoam.* **2005**, 17 (2), 213. <https://doi.org/10.15517/am.v17i2.5162>.
- (41) Díaz-Martínez, J. A.; Granada-Torres, C. A. Efecto de Las Actividades Antrópicas Sobre Las Características Físicoquímicas y Microbiológicas Del Río Bogotá a Lo Largo Del Municipio de Villapinzón, Colombia. *Rev. la Fac. Med.* **2018**, 66 (1), 45–52. <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v66n1.59728>.
- (42) González, J. El Oro Concentra El 41% de Las Fincas | El Comercio. *El Comercio*. Quito September 20, 2017.

- (43) Wang, Z.; Zhang, T. Q.; Tan, C. S.; Vadas, P.; Qi, Z. M.; Wellen, C. Modeling Phosphorus Losses from Soils Amended with Cattle Manures and Chemical Fertilizers. *Sci. Total Environ.* **2018**, *639*, 580–587. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.141>.
- (44) Morales Morales, E. J.; Rubí-Arriaga, M.; López-Sandoval, J. A.; Martínez-Campos, A. R.; Morales-Rosales, E. J. Urea (NBPT) Una Alternativa En La Fertilización Nitrogenada de Cultivos Anuales. *Rev. Mex. Ciencias Agrícolas* **2019**, *10* (8), 1875–1886. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i8.1732>.
- (45) Barbieri, P. A.; Echeverría, H. E.; Saíenz Rozas, H. R.; Maringolo, M. Fertilización de Maíz Con Urea de Liberación Lenta: Pérdida Por Volatilización y Eficiencia de Uso de Nitrógeno. *Cienc. del Suelo* **2010**, *28* (1), 57–66.
- (46) Pacheco Ávila, Julia; Pat Canul, Roberto; Cabrera Sansores, A. Análisis Del Ciclo Del Nitrógeno En El Medio Ambiente Con Relación Al Agua Subterránea y Su Efecto En Los Seres Vivos. *Ing. Rev. Académica* **2002**, *6* (3), 73–81.
- (47) Duncan, A. World Agriculture: Towards 2010. *Food Policy* **1997**, *22* (1), 101–103. [https://doi.org/10.1016/S0306-9192\(97\)89951-4](https://doi.org/10.1016/S0306-9192(97)89951-4).
- (48) Espinosa Balmaseda, Carlos; García Hidalgo, Y. Calidad De Las Aguas De La Cuenca Del Río Naranjo, Municipio Majibacoa, Provincia Las Tunas Para El Riego. *Cultiv. Trop.* **2013**, *34* (4), 68–73.
- (49) Formica, S. M.; Sacchi, G. A.; Campodonico, V. A.; Pasquini, A. I.; Cioccale, M. A. Modelado de Calidad de Agua En Ríos de Montaña Con Impacto Antrópico. Caso de Estudio: Sierra Chica de Córdoba, Argentina. *Rev. Int. Contam. Ambient.* **2015**, *31* (4), 327–341.
- (50) García Rengifo, C.; Endara González, A. Evaluación de La Calidad Del Agua En El Río Alambrado Utilizando Macroinvertebrados Bentónicos Como Bioindicadores En La Zona Del Embalse de La Laguna de La Mica. *Bionatura* **2020**, *5* (4), 1380–1386. <https://doi.org/10.21931/RB/2020.05.04.17>.
- (51) Valladolid Maza, F. R. El Impacto de La Agricultura En El Ecosistema y Su Efecto En La Población Rural., Unversidad Técnica de Machala, 2017.
- (52) Devine, G.; Eza, D.; Ogusuku, E.; Furlong, M. Uso de Insecticidas: Contexto y

- Consecuencias Ecológicas. *Rev. Peru. Med. Exp. Salud Publica* **2008**, 25 (1), 74–100. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2008.251.1241>.
- (53) Aranda Cirerol, N. Eutrofización y Calidad Del Agua de Una Zona Costera Tropical., Universitat de Barcelona, 2004.
- (54) Aparicio, R. Eutrofización: Causas y Efectos <https://triplenlace.com/2012/09/27/eutrofizacion-causas-y-efectos/> (accessed Aug 21, 2021).
- (55) Pinos-Rodríguez, J. M.; García-López, J. C.; Peña-Avelino, L. Y.; Rendón-Huerta, J. A.; González-González, C.; Tristán-Patiño, F. Impactos y Regulaciones Ambientales Del Estiércol Generado Por Los Sistemas Ganaderos de Algunos Países de América. *Agrociencia* **2012**, 46 (4), 359–370.
- (56) Oña Loachamin, Jenny; Tonato Cazagallo, C. Determinación Del Estado Trófico De Las Lagunas De Mojanda a Través De La Cuantificación De Clorofila “A,” Universidad Central del Ecuador, 2017.
- (57) Moreta, J. C. La Eutrofización De Los Lagos Y Sus Consecuencias. Ibarra 2008., Universidad Técnica del Norte, 2008, Vol. 52.
- (58) Gómez, G. M. Determinación Del Estado Trófico Actual de La Laguna “Cube” a Través de La Cuantificación de Parámetros Químicos (Fosfatos, Nitratos, Clorofila “A”) y Transparencia Secchi., Universidad Central de Ecuador, 2018, Vol. 489.
- (59) Villabona González, S. L.; Benjumea-Hoyos, C. A.; Gutiérrez-Monsalve, J. A.; López-Muñoz, M. T.; González, E. J. Variables Fisicoquímicas y Biológicas de Mayor Influencia En El Estado Trófico de Cinco Embalses Andinos Colombianos. *Rev. la Acad. Colomb. Ciencias Exactas, Físicas y Nat.* **2020**, 44 (171), 344–359. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1051>.
- (60) Schenone, N.; Volpedo, A.; Cirelli, A. F. Estado Trófico y Variación Estacional de Nutrientes En Los Ríos y Canales Del Humedal Mixo-Halino de Bahía Samborombón (Argentina). *Limnetica* **2008**, 27 (1), 143–150. <https://doi.org/10.23818/limn.27.12>.
- (61) Aubriot, L. E. Evolución de La Eutrofización En El Río Santa Lucía: Influencia de La Intensificación Productiva y Perspectivas. *INNOTEC* **2018**, 14 (14), 7–16.

<https://doi.org/10.26461/14.04>.

- (62) Carrera Villacrés, D.; Guerrón Varela, E.; Cajas Morales, L.; González Farinango, T.; Guamán Pineda, É.; Velarde Salazar, P. A. Relación de Temperatura, PH y CE En La Variación de Concentración de Fosfatos En El Río Grande, Cantón Chone. *Congr. Cienc. y Tecnol. ESPE* **2018**, *13* (1). <https://doi.org/10.24133/cctespe.v13i1.807>.
- (63) Beita-Sandí, W.; Barahona-Palomo, M. Caracterización Físico-Química de Las Aguas Superficiales de La Cuenca Del Río Rincón, Península de Osa, Costa Rica. *UNED Res. J.* **2010**, *2* (2), 157–179. <https://doi.org/10.22458/urj.v2i2.156>.
- (64) Muñoz, H.; Orozco, S.; Vera, A.; Suárez, J.; García, E.; Neria, M.; Jiménez, J. Relación Entre Oxígeno Disuelto, Precipitación Pluvial y Temperatura: Río Zahuapan, Tlaxcala, México. *Tecnol. y Ciencias del Agua* **2015**, *6* (5), 59–74.
- (65) Chapa Balcorta, C. Eutrofización: Abundancia que mata [https://www.researchgate.net/publication/236649916\\_Eutrofizacion\\_Abundancia\\_que\\_mata](https://www.researchgate.net/publication/236649916_Eutrofizacion_Abundancia_que_mata).
- (66) México. Secretaría de Medio Ambiente. Registran más de 550 zonas muertas en los océanos <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/registran-mas-de-550-zonas-muertas-en-los-oceanos> (accessed Aug 22, 2021).
- (67) Olguín, E. J.; González-portela, R. E.; Sánchez-galván, G.; Zamora-, J. E. Contaminación de Ríos Urbanos: El Caso de La Subcuenca Del Río Sordo En Xalapa, Veracruz, México Resumen. *Rev. Latinoam. Biotecnol. Ambient. y Algal* **2010**, *1* (2), 178–190.
- (68) Fernández, M. T. Fósforo: Amigo o Enemigo. *ICIDCA Sobre los Deriv. la Caña Azúcar* **2007**, *41* (2), 51–57.
- (69) Halwani, J.; Ouddane, B.; Baroudi, M.; Wartel, M. Contaminación Del Agua Por Nitratos: Significación Sanitaria. *Cah. Sante* **2009**, *3* (4), 219–223.
- (70) Schreider, M. Desarrollo de Un Esquema de Gestión Integrada Para Los Colectores de Drenaje de La Ciudad de Cipolletti (Río Negro, Argentina)., Universidad Nacional del Litoral, 2014.
- (71) Jocu, A. I.; Fernández, C.; Gandullo, R. Macrófitas Acuáticas Vasculares Del

- Sistema de Drenaje Del Alto Valle de Río Negro, Patagonia (Argentina). *Rev. del Mus. La Plata* **2018**, 3 (2), 296–308. <https://doi.org/10.24215/25456377e060>.
- (72) Ulloa, M.; Vargas, R. Evaluación Del Índice de Eutrofización Por Nutrientes En La Costa Sur de Tamaulipas En Condiciones de Lluvia y Estío. *Rev. Latinoam. el Ambient. y las Ciencias* **2015**, 6 (12), 527–531.
- (73) Karydis, M.; Ignatiades, L.; Moschopoulou, N. An Index Associated with Nutrient Eutrophication in the Marine Environment. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* **1983**, 16 (3), 339–344. [https://doi.org/10.1016/0272-7714\(83\)90151-8](https://doi.org/10.1016/0272-7714(83)90151-8).
- (74) Muciño Márquez, R. E. Evaluation of Trophic Status in the Pom-Atasta and Palizada Del Este Fluvial-Lagoon Systems Campeche, Mexico. *Hidrobiológica* **2017**, 27 (3), 281–291. <https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2017v27n3/Mucino>.
- (75) Calendarr.com. Estaciones del año en Ecuador: cuáles son, cuántas hay y sus características <https://www.calendarr.com/ecuador/estaciones-del-ano/> (accessed Aug 9, 2021).
- (76) Andrietti, G.; Freire, R.; Amaral, A. G. do; Almeida, F. T. de; Bongiovani, M. C.; Schneider, R. M. Índices de Qualidade Da Água e de Estado Trófico Do Rio Caiabi, MT. *Ambient. e Agua - An Interdiscip. J. Appl. Sci.* **2016**, 11 (1), 445–458. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1769>.
- (77) Pulido-López, P. C.; Pinilla-Agudelo, G. A. Evaluación Del Estado Trófico de El Salitre, Último Humedal Urbano de Referencia En Bogotá. *Rev. la Acad. Colomb. Ciencias Exactas, Físicas y Nat.* **2017**, 41 (158), 41. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.411>.
- (78) Abril Saltos, R.; Rodríguez Badillo, L.; Sucoshañay Villalba, D.; Bucaram Visuma, E. Caracterización Preliminar de Calidad de Aguas En Subcuenca Media Del Río Puyo. *Ing. Hidráulica y Ambient.* **2017**, 38 (2), 59–72.
- (79) Beita-Sandí, W.; Barahona-Palomo, M. Fisico-Química de Las Aguas Superficiales de La Cuenca Del Río Rincón, Península de Osa, Costa Rica. *UNED Res. J.* **2010**, 2 (2), 157–179. <https://doi.org/10.22458/urj.v2i2.156>.
- (80) Valencia Delfa, J. L. Estudio Estadístico de La Calidad de Las Aguas de La Cuenca

Hidrográfica Del Río Ebro, Universidad Politécnica de Madrid, 2007.

- (81) Castro, L.; Fraile, J.; Reynolds Vargas, J. Conductividad, Oxígeno Disuelto, PH y Temperatura En El Rio Bermudez (Costa Rica) y Su Relación Con El Uso Del Suelo En La Cuenca. *Uniciencia* **1996**, *13* (1), 27–34.
- (82) Jin, X.; Zhang, W.; Li, S. Complex Responses of Suspended Particulate Matter in Eutrophic River and Its Indicative Function in River Recovery Process. *Ecol. Indic.* **2020**, *115* (February), 106397. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106397>.
- (83) Silva-Benavides, A. M.; Sili, C.; Torzillo, G. Cyanoprocaryota y Microalgas (Chlorophyceae y Bacillariophyceae) Bentónicas Dominantes En Ríos de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* **2008**, *56* (4), 221–235. <https://doi.org/10.15517/rbt.v56i4.27229>.
- (84) CCME. *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life - Phosphorus: Canadian Guidance Framework for the Management of Freshwater Systems*; Winnipeg, 2004; Vol. 1299, pp 1–6.
- (85) Prado-España, M.; Troccoli-Ghinaglia, L.; Cajas-Flores, J. Análisis Del Estado Trófico y Microfitoplancton de La Zona Costera de La Provincia Del Guayas, Ecuador. *Bull. Mar. Coast. Res.* **2017**, *46* (2), 91–114. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2017.46.2.729>.
- (86) García Bastidas, F. A.; Pachacama Gualotuña, S. F.; Jarrín Escudero, D. A.; Iza Arteaga, M. L.; Ayala Vásquez, M.; Emiro Ortiz, H.; Luna Dix, O. J.; Echegaray Buezo, Judith Farfán Menéndez, D.; MBartolini artínez, I.; Beltrán Montoya, C.; Zeballos Céspedes, G. *Guía Andina Para El Diagnóstico de Fusarium Raza 4 Tropical (R4T) Fusarium Oxysporum f.Sp. Cubense (Syn. Fusarium Odoratissimum) Agente Causal de La Marchitez Por Fusarium En Musáceas (Plátanos y Bananos)*, Primera Ed.; Herencia Espinoza, L., Ed.; Secretaría General de la Comunidad Andina: Lima, 2020.
- (87) Marcogliese, D. J.; Cone, D. K. Myxozoan Communities in Two Cyprinid Fishes from Mesotrophic and Eutrophic Rivers. *J. Parasitol.* **2021**, *107* (1), 39–47. <https://doi.org/10.1645/20-76>.
- (88) Alama-Bermejo, G.; Bron, J. E.; Raga, J. A.; Holzer, A. S. 3D Morphology, Ultrastructure and Development of Ceratomyxa Puntazzi Stages: First Insights into

- the Mechanisms of Motility and Budding in the Myxozoa. *PLoS One* **2012**, 7 (2), e32679. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032679>.
- (89) Mishima, I.; Masuda, S.; Kakimoto, T.; Ikeda, K.; Watanabe, K.; Maruo, C.; Nishimura, O. Assessment of Nitrous Oxide Production in Eutrophicated Rivers with Inflow of Treated Wastewater Based on Investigation and Statistical Analysis. *Environ. Monit. Assess.* **2021**, 193 (2), 93. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-08855-z>.
- (90) Rabalais, N. N. Oxygen Depletion in the Gulf of Mexico Adjacent to the Mississippi River. *Gayana (Concepción)* **2006**, 70 (SUPPL. 1), 73–78. <https://doi.org/10.4067/S0717-65382006000300015>.
- (91) Dana, E. D.; García-De-Lomas, J.; Verloove, F.; García-Ocaña, D.; Gámez, V.; Alcaraz, J.; Miguel Ortiz, J. Colocasia Esculenta (L.) Schott (Araceae), an Expanding Invasive Species of Aquatic Ecosystems in the Iberian Peninsula: New Records and Risk Assessment. *Limnetica* **2017**, 36 (1), 15–27. <https://doi.org/10.23818/limn.36.02>.
- (92) Urrutia Estrada, J.; Sánchez González, P.; Pauchard Cortés, A.; Hauenstein Barra, E. *Flora Acuática y Palustre Introducida En Chile*; Universidad de Concepción: Concepción, 2017.
- (93) Herrera, A. M.; Dudley, T. L. Reduction of Riparian Arthropod Abundance and Diversity as a Consequence of Giant Reed (*Arundo Donax*) Invasion. *Biol. Invasions* **2003**, 40 (5), 167–177. <https://doi.org/10.1023/a:1026190115521>.
- (94) Hardesty-Moore, M.; Orr, D.; McCauley, D. J. Invasive Plant *Arundo Donax* Alters Habitat Use by Carnivores. *Biol. Invasions* **2020**, 22 (6), 1983–1995. <https://doi.org/10.1007/s10530-020-02234-4>.

## ANEXOS

**Anexo 1.** Toma de muestra en estación 2, campaña 1.



**Anexo 3.** Toma de muestra en estación 1, campaña 3.



**Anexo 5.** Toma de muestra en estación 3, campaña 4.



**Anexo 7.** Toma de muestra en estación 5, campaña 6.



**Anexo 9.** Muestras recolectadas en laboratorio NEMALAB.



**Anexo 11.** Balneario Campo Real y San Gregorio en el recorrido de la microcuenca.



**Anexo 13.** *Arundo donax* invadiendo la microcuenca del Río Palenque en la estación 5.



**Anexo 15.** *Colocasia esculenta* invadiendo la microcuenca del Río Palenque en la estación 2.



**Anexo 17.** Resultados de nitrato y fósforo total, campaña 1.



NOMBRE DEL CLIENTE: **OLAYA SIGUENZA ERICK** N° DE DOCUMENTO: **55503**  
NOMBRE DEL REMITENTE: **ERICK OLAYA SIGUENZA** FECHA DE MUESTREO: **09/06/2021**  
NOMBRE DE LA PROPIEDAD: **TESIS DE GRADO -UT.MACHALA** FECHA DE INGRESO: **11/06/2021**  
LOCALIZACIÓN: **RIO PALENQUE - PASAJE - EL GRO** FECHA DE SALIDA: **21/06/2021**

**RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUA**

N. LAB.	MUESTRA	IDENT. MUEST.	Miligramos por Litro	
			$NO_3^-$	PT
8878	1	M1-C1	0.80	8.47
8879	2	M2-C1	0.70	7.59
8880	3	M3-C1	0.90	5.34
8881	4	M4-C1	1.60	6.71
8882	5	M5-C1	1.60	7.33

  
BIOQ. MARTHA MOREIRA  
JEFE DE LABORATORIO



  
ING. NARCISA PINTADO  
SERV. CLIENTE



\* ESTOS RESULTADOS PUEDEN SER SUJETOS DE COMPARACION SIEMPRE Y CUANDO SE UTILICE LA MISMA METODOLOGÍA USADA EN ESTE LABORATORIO\*

**Anexo 19.** Resultados de nitrato y fósforo total, campaña 2.



NOMBRE DEL CUENTE:	<b>OLAYA SIGUENZA ERICK</b>	N° DE DOCUMENTO:	<b>55593</b>
NOMBRE DEL REMITENTE:	ERICK OLAYA SIGUENZA	FECHA DE MUESTREO:	16/08/2021
NOMBRE DE LA PROPIEDAD:	<b>TESIS DE GRADO -UT.MACHALA</b>	FECHA DE INGRESO :	16/08/2021
LOCALIZACIÓN:	<b>RIO PALENQUE - PASAJE - EL ORO</b>	FECHA DE SALIDA :	25/08/2021

**RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUA**

N. LAB.	MUESTRA	IDENT. MUEST.	Miligramos por Litro	
			NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PT
8886	1	M1-C2	0.80	3.56
8887	2	M2-C2	0.70	2.67
8888	3	M3-C2	0.70	1.78
8889	4	M4-C2	2.30	5.93
8890	5	M5-C2	1.40	4.45

BIOQ. MARTHA MOREIRA  
JEFE DE LABORATORIO



  
ING. NARCISCA PINTADO  
SERV. CLIENTE



\* ESTOS RESULTADOS PUEDEN SER SUJETOS DE COMPARACION SIEMPRE Y CUANDO SE UTILICE LA MISMA METODOLOGÍA USADA EN ESTE LABORATORIO\*

"Una Agricultura sostenida, amiga del Medio Ambiente, es nuestro compromiso con la Humanidad"

**Anexo 21.** Resultados de nitrato y fósforo total, campaña 3.



NOMBRE DEL CLIENTE:	<b>OLAYA SIGUENZA ERICK</b>	N° DE DOCUMENTO:	<b>88560</b>
NOMBRE DEL REMITENTE:	ERICK OLAYA SIGUENZA	FECHA DE MUESTREO:	23/06/2021
NOMBRE DE LA PROPIEDAD:	<b>TESIS DE GRADO -UT.MACHALA</b>	FECHA DE INGRESO :	24/06/2021
LOCALIZACIÓN:	<b>RÍO PALENQUE - PASAJE - EL ORO</b>	FECHA DE SALIDA :	02/07/2021

**RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUA**

N. LAB.	MUESTRA	IDENT. MUEST.	Miligramos por Litro	
			<i>NO3<sup>-</sup></i>	PT
8896	1	M1-C3	1.00	5.18
8897	2	M2-C3	0.80	4.73
8898	3	M3-C3	0.70	4.59
8899	4	M4-C3	2.30	7.42
8900	5	M5-C3	1.90	7.28



BIOQ. MARTHA MOREIRA  
JEFE DE LABORATORIO




ING. NARCISA PINTADO  
SERV. CLIENTE



\* ESTOS RESULTADOS PUEDEN SER SUJETOS DE COMPARACION SIEMPRE Y CUANDO SE UTILICE LA MISMA METODOLOGÍA USADA EN ESTE LABORATORIO\*

Anexo 23. Resultados de nitrato y fósforo total, campaña 4.



NOMBRE DEL CLIENTE: **OLAYA SIGUENZA ERICK** N° DE DOCUMENTO: **55641**  
 NOMBRE DEL REMITENTE: ERICK OLAYA SIGUENZA FECHA DE MUESTREO: 30/06/2021  
 NOMBRE DE LA PROPIEDAD: **TESIS DE GRADO -UT.MACHALA** FECHA DE INGRESO: 30/06/2021  
 LOCALIZACIÓN: **RIO PALENQUE - PASAJE - EL ORO** FECHA DE SALIDA: 02/07/2021

**RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUA**

N. LAB.	MUESTRA	IDENT. MUEST.	Miligramos por Litro	
			NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PT
8907	1	M1-C4	0.40	4.32
8908	2	M2-C4	0.40	4.77
8909	3	M3-C4	0.50	4.59
8910	4	M4-C4	1.50	5.21
8911	5	M5-C4	1.70	5.83

  
 BIOO. MARTHA MOREIRA  
 JEFE DE LABORATORIO



  
 ING. NARCISA PINTADO  
 SERV. CLIENTE



\* ESTOS RESULTADOS PUEDEN SER SUJETOS DE COMPARACION SIEMPRE Y CUANDO SE UTILICE LA MISMA METODOLOGÍA USADA EN ESTE LABORATORIO\*

"Una Agricultura sostenida, amiga del Medio Ambiente, es nuestro compromiso con la Humanidad"

**Anexo 25.** Resultados de nitrato y fósforo total, campaña 5.



NOMBRE DEL CLIENTE: **OLAYA SIGUENZA ERICK** N° DE DOCUMENTO: **55704**  
NOMBRE DEL REMITENTE: **ERICK OLAYA SIGUENZA** FECHA DE MUESTREO: **07/07/2021**  
NOMBRE DE LA PROPIEDAD: **TESIS DE GRADO -UT.MACHALA** FECHA DE INGRESO: **07/07/2021**  
LOCALIZACIÓN: **RIO PALENQUE - PASAJE - EL ORO** FECHA DE SALIDA: **17/07/2021**

**RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUA**

N. LAB.	MUESTRA	IDENT.MUEST.	Miligramos por Litro	
			NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PT
8920	1	M1-C5	0.50	7.37
8921	2	M2-C5	0.40	5.20
8922	3	M3-C5	0.40	5.76
8923	4	M4-C5	2.10	6.51
8924	5	M5-C5	0.70	6.38

BIOQ. MARTHA MOREIRA  
JEFE DE LABORATORIO



**NEMALAB**  
Laboratorio de análisis agrícola

ING. NARCISA PINTADO  
SERV. CLIENTE



" ESTOS RESULTADOS PUEDEN SER SUJETOS DE COMPARACION SIEMPRE Y CUANDO SE UTILICE LA MISMA METODOLOGÍA USADA EN ESTE LABORATORIO "

"Una Agricultura sostenida, amiga del Medio Ambiente, es nuestro compromiso con la Humanidad"

Anexo 27. Resultados de nitrato y fósforo total, campaña 6.



NOMBRE DEL CLIENTE:	<b>OLAYA SIGUENZA ERICK</b>	N° DE DOCUMENTO:	<b>55560</b>
NOMBRE DEL REMITENTE:	ERICK OLAYA SIGUENZA	FECHA DE MUESTREO:	14/07/ 2021
NOMBRE DE LA PROPIEDAD:	<b>TESIS DE GRADO -UT.MACHALA</b>	FECHA DE INGRESO:	15/07/ 2021
LOCALIZACIÓN:	<b>RIO PALENQUE - PASAJE - EL ORO</b>	FECHA DE SALIDA:	23/07/ 2021

**RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUA**

N. LAB.	MUESTRA	IDENT. MUEST.	Miligramos por Litro	
			$NO_3^-$	PT
8896	1	M1-C6	0.90	6.23
8897	2	M2-C6	1.10	5.03
8898	3	M3-C6	1.20	6.41
8899	4	M4-C6	1.70	5.60
8900	5	M5-C6	1.80	6.34



BIOC. MARTHA MOREIRA  
JEFE DE LABORATORIO




ING. NARCISA PINTADO  
SERV. CLIENTE



\* ESTOS RESULTADOS PUEDEN SER SUJETOS DE COMPARACION SIEMPRE Y CUANDO SE UTILICE LA MISMA METODOLOGÍA USADA EN ESTE LABORATORIO\*

**Anexo 29.** Ficha técnica de muestreo de campaña 1.

<b>FICHA TÉCNICA DE MUESTREO</b>					
FECHA	<i>Miércoles, 9 de junio del 2021</i>				
CAMPAÑA	<i>1</i>				
	<b>E - 1</b>	<b>E - 2</b>	<b>E - 3</b>	<b>E - 4</b>	<b>E - 5</b>
pH	<i>8,40</i>	<i>8,35</i>	<i>8,18</i>	<i>7,28</i>	<i>7,51</i>
Temperatura (°C)	<i>26,4</i>	<i>28,0</i>	<i>28,5</i>	<i>29,1</i>	<i>28,0</i>
C.E. (mS/cm)	<i>0,1</i>	<i>0,1</i>	<i>0,1</i>	<i>0,3</i>	<i>0,3</i>
SDT (mg/L)	<i>79</i>	<i>92</i>	<i>99</i>	<i>246</i>	<i>227</i>
Materia flotante	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>S</i>	<i>S</i>
Aceites y grasas	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>S</i>	<i>S</i>
Vida acuática	<i>S</i>	<i>S</i>	<i>S</i>	<i>N</i>	<i>N</i>
Malezas	<i>N</i>	<i>S</i>	<i>S</i>	<i>S</i>	<i>S</i>

**Anexo 31.** Ficha técnica de muestreo de campaña 2.

<b>FICHA TÉCNICA DE MUESTREO</b>					
FECHA	<i>Miércoles, 16 de junio del 2021</i>				
CAMPAÑA	<i>2</i>				
	<b>E - 1</b>	<b>E - 2</b>	<b>E - 3</b>	<b>E - 4</b>	<b>E - 5</b>
pH	<i>8,70</i>	<i>8,06</i>	<i>8,02</i>	<i>7,36</i>	<i>7,39</i>
Temperatura (°C)	<i>26,1</i>	<i>26,0</i>	<i>26,8</i>	<i>27,0</i>	<i>26,0</i>
C.E. (mS/cm)	<i>0,1</i>	<i>0,1</i>	<i>0,1</i>	<i>0,4</i>	<i>0,3</i>
SDT (mg/L)	<i>86</i>	<i>77</i>	<i>96</i>	<i>316</i>	<i>250</i>
Materia flotante	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>S</i>	<i>S</i>
Aceites y grasas	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>S</i>	<i>S</i>
Vida acuática	<i>S</i>	<i>S</i>	<i>S</i>	<i>N</i>	<i>N</i>
Malezas	<i>N</i>	<i>S</i>	<i>S</i>	<i>S</i>	<i>S</i>

**Anexo 33.** Ficha técnica de muestreo de campaña 3.

<b>FICHA TÉCNICA DE MUESTREO</b>					
FECHA	<i>Miércoles, 23 de Junio del 2021</i>				
CAMPAÑA	3				
	<b>E - 1</b>	<b>E - 2</b>	<b>E - 3</b>	<b>E - 4</b>	<b>E - 5</b>
pH	8,38	8,37	8,20	7,37	7,39
Temperatura (°C)	26,0	26,3	26,7	27,0	26,8
C.E. (mS/cm)	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3
SDT (mg/L)	97	92	102	245	216
Materia flotante	N	N	N	S	S
Aceites y grasas	N	N	N	S	S
Vida acuática	S	S	S	N	N
Malezas	N	S	S	S	S

**Anexo 35.** Ficha técnica de muestreo de campaña 4.

<b>FICHA TÉCNICA DE MUESTREO</b>					
FECHA	<i>Miércoles, 30 de Junio del 2021</i>				
CAMPAÑA	4				
	<b>E - 1</b>	<b>E - 2</b>	<b>E - 3</b>	<b>E - 4</b>	<b>E - 5</b>
pH	8,32	8,19	8,01	7,46	7,60
Temperatura (°C)	25,7	25,5	25,8	27,8	27,4
C.E. (mS/cm)	0,1	0,1	0,2	0,4	0,3
SDT (mg/L)	94	96	110	275	247
Materia flotante	N	N	S	S	S
Aceites y grasas	N	N	N	S	S
Vida acuática	S	S	S	N	N
Malezas	N	S	S	S	S

**Anexo 37.** Ficha técnica de muestreo de campaña 5.

<b>FICHA TÉCNICA DE MUESTREO</b>					
FECHA	<i>Miércoles, 7 de Julio del 2021</i>				
CAMPAÑA	5				
	<b>E - 1</b>	<b>E - 2</b>	<b>E - 3</b>	<b>E - 4</b>	<b>E - 5</b>
pH	8,21	8,10	8,00	7,48	7,67
Temperatura (°C)	25,2	26,2	26,0	26,6	25,6
C.E. (mS/cm)	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3
SDT (mg/L)	71	96	96	259	232
Materia flotante	N	N	S	S	S
Aceites y grasas	N	N	N	S	S
Vida acuática	S	S	S	N	N
Malezas	N	S	S	S	S

**Anexo 39.** Ficha técnica de muestreo de campaña 6.

<b>FICHA TÉCNICA DE MUESTREO</b>					
FECHA	<i>Miércoles, 14 de Julio del 2021</i>				
CAMPAÑA	6				
	<b>E - 1</b>	<b>E - 2</b>	<b>E - 3</b>	<b>E - 4</b>	<b>E - 5</b>
pH	8,50	8,00	7,95	7,29	7,59
Temperatura (°C)	24,0	24,5	24,4	24,9	24,6
C.E. (mS/cm)	0,1	0,1	0,1	0,4	0,3
SDT (mg/L)	80	94	97	296	254
Materia flotante	N	N	N	S	S
Aceites y grasas	N	N	N	S	S
Vida acuática	S	S	S	N	N
Malezas	N	S	S	S	S