



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

Proyecto de Investigación previo a
la obtención del título de Ingeniero
en Gestión Ambiental.

Título del Proyecto de Investigación:

**“MODELIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL SEGMENTO
NORTE DEL ESTERO MACACHE DEL CANTÓN QUEVEDO,
PROVINCIA DE LOS RÍOS”**

Autor:

Arturo Cristhian Vélez Meza

Director del Proyecto de Investigación:

Ing. Julio Cesar Pazmiño Msc.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2017

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **ARTURO CRISTHIAN VÉLEZ MEZA**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

ARTURO CRISTHIAN VÉLEZ MEZA
C.C. # 092424990-7

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **ING. JULIO CESAR PAZMIÑO RODRIGUEZ Msc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifico que el estudiante **ARTURO CRISTHIAN VÉLEZ MEZA**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**MODELIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL SEGMENTO NORTE DEL ESTERO MACACHE DEL CANTÓN QUEVEDO, PROVINCIA DE LOS RÍOS**”, previo a la obtención del título de Ingeniería en Gestión Ambiental, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Julio Cesar Pazmiño Rodríguez Msc.
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

CERTIFICACIÓN DEL REPORTE URKUND

El suscrito, **Ing. JULIO CESAR PAZMIÑO RODRIGUEZ Msc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el proyecto de investigación del estudiante **ARTURO CRISTHIAN VÉLEZ MEZA** con el tema de: **“MODELIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL SEGMENTO NORTE DEL ESTERO MACACHE DEL CANTÓN QUEVEDO, PROVINCIA DE LOS RÍOS”**, fue ingresado al sistema URKUND y presentó el 9% de similitud, considerando el Reglamento e Instructivos de Proyecto de Investigación de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Ing. JULIO CESAR PAZMIÑO Msc.
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“MODELIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL SEGMENTO NORTE DEL ESTERO MACACHE DEL CANTÓN QUEVEDO, PROVINCIA DE LOS RÍOS”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera en Gestión Ambiental.

Aprobado por:

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL
Ing. Mariela Díaz Ponce

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Blgo. Juan Urdánigo Zambrano

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Ing. Ángel Yépez Rosado

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2017

Agradecimiento

Agradezco a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y docentes de la Facultad de Ciencias Ambientales, en especial al Ing Julio Pazmiño quien con sus conocimientos apporto significativamente en la elaboración de este proyecto de investigación en calidad de Director, así también al equipo de trabajo y amigos que ayudaron en la fase de campo del proyecto Marola Saá, Gabriela Zambrano, Aaron Coello, Nathaly Sánchez, Reina Arana, gracias por su apoyo y acompañamiento.

Dedicatoria

A Dios por permitirme compartir este logro con las personas que han estado en cada etapa de mi vida, de manera especial se lo dedico a mis padres Arturo Vélez Macías y Egty Meza Urdánigo por ser el pilar fundamental para llevar a cabo los logros que me he propuesto en mi vida profesional todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

RESUMEN EJECUTIVO

La modelización de la calidad del agua del Estero Macache, en el segmento norte ubicado en el cantón Quevedo de la Provincia de Los Ríos, está basada en el modelo de Streeter Phelps. El área de estudio comprende la longitud de 4,5 km, la investigación se efectuó a través de la determinación de las características hidromorfológicas (caudal en L/s). Así como, la estimación de 6 parámetros fisicoquímicos requeridos para el modelo matemático oxígeno disuelto (OD), demanda Bioquímica de oxígeno (DBO), temperatura, pH, conductividad y turbidez.

El diseño de la investigación consistió en monitorear cada quince días la calidad del agua durante el mes de diciembre del 2016 y enero del 2017, el estero se dividió en segmentos aguas arriba, descarga 1, tributario 1, tramo 2 y 3 para la realización de los aforos, se empleó el método flotador y la recolección de muestras de agua para los análisis fisicoquímicos. Obtenidos los resultados de caudal y concentraciones, se realizó la calibración del modelo de Streeter y Phelps con el método manual (ensayo y error) y del método automático, a través de la Generalized Likelihood Uncertainty Estimation (GLUE).

El Estero Macache sección Norte, presenta un caudal de menor cantidad en el mes de diciembre del 2016 que el mes de enero del 2017; las concentraciones de OD, DBO y turbidez es menor en el mes de enero del 2017; mientras que, la temperatura, conductividad eléctrica es mayor en el mes de enero, y el pH se encuentra dentro del límite máximo permisible del anexo 1 de calidad del agua del acuerdo ministerial 097. A través de la modelización se obtiene el comportamiento del OD y la DBO por lo que en el Tributario 1 de los meses estudiados demuestran elevadas concentraciones, debido que el afluente está compuesto de aguas naturales y residuales que afectan la calidad del recurso hídrico.

Palabras claves: Modelo matemático, oxígeno disuelto (OD), demanda Bioquímica de oxígeno (DBO).

ABSTRACT

The water quality modeling of the Estero Macache, in the northern segment located in the Quevedo canton of Los Ríos Province, is based on the Streeter Phelps model. The study area comprises a length of 4.5 km, the research was carried out through the determination of the hydromorphological characteristics (flow rate in L / sec). As well as the estimation of 6 physicochemical parameters required for the mathematical model dissolved oxygen (OD), biological oxygen demand (BOD), temperature, pH, conductivity and turbidity.

The research design consisted of monitoring water quality during the month of December 2016 and January 2017, every 15 days, the estuary was divided into upstream segments, discharge 1, tributary 1, section 2 and 3 for the construction of The float method and the collection of water samples were used for the physicochemical analyzes. After the flow and concentration results were obtained, the Streeter and Phelps model was calibrated using the manual method (test and error) and the automatic method, through the Generalized Likelihood Uncertainty Estimation (GLUE).

The Estero Macache north section, has a lower flow in the month of December 2016 than the month of January, 2017; the concentrations of OD, BOD and turbidity are lower in January 2017; while the temperature, electrical conductivity is higher in January, and the pH is within the permissible maximum limit of water quality Annex 1 of Ministerial Agreement 097. Through the modeling, the behavior of the DO and The BOD so that in Tax 1 of the months studied show high concentrations, because the tributary is composed of natural and residual waters that affect the quality of the water resource.

Keywords: Mathematical model, dissolved oxygen (OD), biological oxygen demand (DBO).

ÍNDICE DE CONTENIDO

Portada.....	i
Declaración de autoría y cesión de derechos.....	ii
Certificación de culminación del proyecto de investigación.....	iii
Certificación del Reporte Urkund.....	iv
Certificado de aprobación por Tribunal de Sustentación	v
Agradecimiento.....	vi
Dedicatoria	vi
Resumen ejecutivo	vii
Abstract.....	viii
Código Dublin	xvi
Introducción.....	1

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación.....	4
1.1.1. Planteamiento del problema.....	4
1.1.2. Formulación del problema.....	5
1.2. Objetivos.....	6
1.2.1. General.....	6
1.1.1. Específicos.....	6

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual.....	9
2.1.1. Calidad del agua superficial.....	9
2.1.1.1. Autodepuración.....	9

2.1.2.	Características hidromorfológicas del agua.....	10
2.1.3.	Contaminación del agua	10
2.1.3.1.	Fuentes de contaminación del agua.....	11
2.1.3.2.	Efectos de la contaminación del agua	11
2.1.4.	Hidrodinámica y geometría del agua superficial	11
2.1.5.	Criterios y técnicas de muestreo de agua.....	12
2.1.6.	Frecuencia de muestreo para análisis físico-químico.....	12
2.1.6.1.	Parámetros Fisicoquímicos del Agua	13
2.1.7.	Modelo Matemático de Streeter y Phelps.....	14
2.1.7.1.	Constantes de desoxigenación (KD)	15
2.1.7.2.	Constantes de reaireación (K_2).....	15
2.1.7.3.	Constantes de Remoción de la DBO	15
2.1.7.4.	Proceso de Calibración	15
2.1.7.5.	Metodología GLUE (Generalized Likelihood Uncertainty Estimation)	16
2.1.8.	Validación del modelo.....	16
2.1.8.1.	Errores estadísticos.....	17
2.1.9.	Utilidad de los modelos de calidad del agua.....	17
2.2.	Marco referencial	19

CAPÍTULO III

MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.	Localización del área de estudio	22
3.2.	Tipo de investigación	23
3.2.1.	Investigación Exploratoria.....	23
3.3.	Métodos de investigación	23
3.3.1.	Método por observación	23
3.3.2.	Método Deductivo.....	24

3.3.3.	Método Inductivo	24
3.3.4.	Método Analítico	24
3.4.	Fuentes de recopilación de información.....	24
3.5.	Diseño de la investigación	25
3.5.1.	Identificación de las características hidromorfológicas del estero Macache.	25
3.5.2.	Determinación de los parámetros fisicoquímicos del Estero Macache.	26
3.5.3.	Empleo del modelo matemático de Streeter y Phelps para la evaluación de los niveles de oxígeno disuelto (OD) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) del agua. .	29
3.6.	Instrumentos de investigación.....	32
3.7.	Tratamiento de los datos.....	32
3.8.	Recursos Materiales	32

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Características hidromorfológicas en el segmento norte del estero Macache.	34
4.2.	Estimación de los parámetros físicos químicos requeridos para el modelo de calidad del agua.....	35
4.2.1.	Oxígeno Disuelto OD (mg/litros).....	36
4.2.2.	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO (mg/litros).....	37
4.2.3.	Potencial de Hidrogeno (pH)	38
4.2.4.	Temperatura del agua	39
4.2.5.	Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	40
4.2.6.	Turbidez del agua.....	41
4.3.	Modelizar la calidad del agua en el segmento norte del estero Macache con el modelo de Streeter y Phelps.....	42
4.3.1.	Constantes cinéticas	42
4.3.1.1.	Constante de desoxigenación.....	42
4.3.1.2.	Constante de reaireacion.....	42

4.3.1.3.	Calibración de constantes k_a y k_r	43
4.3.2.	Comportamiento del OD y DBO en la segunda semana de diciembre del 2016 ...	43
4.3.3.	Comportamiento del OD y la DBO en la cuarta semana de diciembre del 2016 ..	46
4.3.4.	Comportamiento del OD y DBO en la primera semana de enero del 2017	48
4.3.5.	Comportamiento del OD y DBO en la tercera semana de enero del 2017	51
4.4.	Discusión de resultados	54

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones	58
5.2.	Recomendaciones.....	60

CAPITULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1.	Bibliografía	62
------	--------------------	----

CAPITULO VII

ANEXOS

Anexos.....	66
-------------	----

INDICE DE ANEXOS

1. Árbol de problemas	67
2. Diseño del Estero Macache segmento Norte	68
3. Características del Estero Macache (Norte).....	68
4. Fase de campo del proyecto de investigación.....	70
5 al 16. Análisis Químicos (Laboratorio CESAQ-PUCE)	71

INDICE DE CUADROS

1. Condiciones edafoclimáticas de Quevedo	23
2. Diseño para el registro de las características hidromorfológicas	26
3. Diseño para el registro de las concentraciones fisicoquímico.	26
4. Puntos de monitoreo en el Estero Macache	27
5. Característica en los puntos de muestreo del Estero Macache (norte)	28
6. Ecuaciones para el coeficiente de reaireación en ríos y arroyos	31

INDICE DE ECUACIÓN

Ecuación 1. Error Medio Cuadratico.....	17
Ecuación 2. Velocidad del agua.....	25
Ecuación 3. Caudal del agua.....	25
Ecuación 4. Modelo matematico de calidad del agua	29
Ecuación 5. DBO última total, Lo.....	30
Ecuación 6. Oxígeno disuelto en cada tramo.....	30

INDICE DE ESQUEMA

1. Utilidades de los Modelos de calidad del Agua.....	18
---	----

INDICE DE FIGURAS

1. Esquema de definición para la geometría hidráulica de cauces aluviales	12
2. Mapa de localización del área de estudio	22
3. Curva SAG	30
4. Segmento norte del Estero Macache, cantón Quevedo	68

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

1. Recolección de muestras de agua en el Estero Macache (Norte).....	70
2. Aforo de los tramos del Estero Macache (Norte).....	70

INDICE DE GRÁFICOS

1. Caudal del Estero Macache segmento Norte.....	35
2. Oxígeno Disuelto del Estero Macache.....	36
3. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en el Estero Macache	37
4. Potencial de Hidrogeno (pH) del Estero Macache	38
5. Temperatura del Agua del Estero Macache	39
6. Conductividad eléctrica del agua en el Estero Macache.....	40
7. Turbidez del agua en el Estero Macache.....	41
8. Perfil del OD en la segunda semana del mes de diciembre del 2016	45
9. Perfil de la DBO en la segunda semana de diciembre del 2016.....	45
10. Perfil del OD en la cuarta semana de diciembre del 2016	47
11. Perfil de la DBO en la cuarta semana de diciembre del 2016	48
12. Perfil del OD en la primera semana del mes de enero del 2017.....	50
13. Perfil del DBO en la primera semana del mes de enero del 2017	50
14. Perfil del OD en la tercera semana del mes de enero del 2017	52
15. Perfil del DBO en la tercera semana del mes de enero del 2017.....	53

INDICE DE TABLAS

1. Características hidromorfológicas del mes de diciembre y enero.....	34
2. Oxígeno Disuelto en el estero Macache (Norte)	36
3. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en el estero Macache (Norte).....	37
4. Potencial de Hidrogeno (pH) en el estero Macache (Norte).....	38
5. Temperatura en el estero Macache (Norte).....	39
6. Conductividad Eléctrica en el estero Macache (Norte)	40
7. Turbidez del agua en el estero Macache (Norte).....	41
8. Valores calculados de la constante de desoxigenación.....	42
9. Valores calculados de la constante de reaireación	43
10. Resultados de la calibración paramétrica Kd y Ka.....	43
11. Características de puntos de muestreo en la segunda semana de diciembre del 2016 .	44
12. Condiciones iniciales en la segunda semana de diciembre del 2016	44
13. Error relativo para el OD y DBO en la segunda semana de diciembre del 2016	46
14. Características del punto de muestreo en la cuarta semana de diciembre del 2016	46
15. Condiciones iniciales en la cuarta semana de diciembre del 2016.....	47
16. Error relativo para el OD y DBO en la tercera semana de diciembre del 2016	48
17. Características de los puntos de muestreo en la primera semana de enero del 2017 ...	49
18. Condiciones iniciales en la primera semana del mes de enero del 2017	49
19. Error relativo para el OD y DBO en la primera semana de enero del 2017	51
20. Características del punto de muestreo en la tercera semana de enero del 2017.....	51
21. Condiciones iniciales en la tercera semana de enero del 2017	52
22. Error relativo para el OD y DBO en la tercera semana de enero del 2017.....	53
23. Características hidromorfológicas del mes de diciembre del 2016	68
24. Características hidromorfológicas del mes de enero del 2017.....	68
25. Parámetros Físico Químico de sitios de muestreo.....	69

CÓDIGO DUBLIN

Título:	Modelización de la Calidad del Agua en el segmento norte del Estero Macache del Cantón Quevedo, Provincia de Los Ríos.			
Autor:	Vélez Meza Arturo Cristhian			
Palabras clave:	Modelo matemático	Oxígeno disuelto (OD)	Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO).	Calibración
Fecha de publicación:	Abril – 2017			
Editorial:	Quevedo: UTEQ, 2015.			
Resumen:	<p>Resumen.- La modelización de la calidad del agua del estero Macache, segmento Norte se encuentra ubicado en el cantón Quevedo de la Provincia de Los Ríos, el cual se encuentra afectado por las descargas de aguas residuales, la investigación se efectuó en los meses de diciembre del 2016 y enero del 2017, consistió en determinar las características hidromorfológicas, la estimación de 6 parámetros fisicoquímicos y la modelización a través del modelo matemático de Streeter y Phelps que utiliza las concentraciones de oxígeno disuelto (OD) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).</p> <p>Abstract: The water quality modeling of the Macache estuary, North segment is located in the Quevedo canton of the Province of Los Ríos, which is affected by the wastewater discharges, the investigation was carried out in December 2016 And January of 2017, consisted in determining the hydro-geomorphological characteristics, the estimation of 6 physicochemical parameters and the modeling through the mathematical model of Streeter and Phelps that uses the concentrations of dissolved oxygen (DO) and Biological Oxygen Demand (DBO) .</p>			
Descripción:	100 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162			
URI:	<u>(en blanco hasta cuando se dispongan los repositorios)</u>			

Introducción

El agua es un componente esencial del ambiente debido que controla el estatus de salud tanto en humanos como en la biota en general (1). Las variaciones en su calidad son consecuencia de la combinación de procesos naturales (meteorización y erosión del suelo) y de las contribuciones antrópicas (descargas de desechos municipales e industriales). En general, éstas últimas constituyen una fuente constante de contaminación, mientras que la escorrentía superficial es un fenómeno estacional, que se ve afectado por el clima en la cuenca de captación, asociado a la duración de la época de lluvias (2).

Actualmente, el cambio climático está limitando la disponibilidad de agua limpia en todo el mundo (3). Sin embargo, las actividades antrópicas de una variedad de fuentes suelen ser los principales factores que afectan a la mayoría de los cuerpos de agua, sobre todo para los cercanos a regiones muy urbanizadas (4).

El deterioro de la calidad del agua se ha convertido en motivo de preocupación a nivel mundial con el crecimiento de la población humana, alrededor del 97% del agua en el planeta se encuentra en los océanos; del 3% restante, el 2,3% está solidificada en los casquetes polares, el 0,3% se encuentra tan profundamente confinada que su extracción resulta antieconómica y el resto se distribuye en ríos, lagos, riachuelos y subsuelo. Se calcula que en el mundo en desarrollo el 80% de las enfermedades se debe al consumo de agua no potable y a las malas condiciones sanitarias. Se estima que una tercera parte de las defunciones en los países en desarrollo se deben al agua contaminada y, en promedio, hasta una décima parte del tiempo productivo de cada persona se ve sacrificado a raíz de las enfermedades relacionadas con el agua (5).

El Ecuador es uno de los países con mayores reservas de agua en América del Sur; Sin embargo, existen problemas graves con la distribución de este elemento, la mayor parte del recurso está concentrado en manos de unos pocos: exportaciones agrícolas, grandes haciendas e industrias. En el país el 85% del agua utilizada se destina al riego, la cantidad restante del agua superficial está siendo contaminada por fuentes domésticas, ocurre alrededor de todo el país, especialmente cerca de las áreas altamente pobladas. Casi todos los ríos del país cercanos a las áreas urbanas tienen altos niveles de DBO, nitrógeno y fósforo. El 60% del agua suministrada a la población no es potable, el 74% de la red de

alcantarillado está en condiciones precarias. El 92% de las aguas residuales se descargan en los cursos naturales sin tratamiento (6).

Según el informe Asesoría de Salud, el 82,4% de la población se ha enfermado en alguna ocasión por la contaminación ya que la mayoría de la población utiliza el agua contaminada para beber, ducharse y cocinar. Los problemas de salud más frecuentes en el estudio son enfermedades digestivas, de la piel, enfermedades oculares y problemas respiratorios (6).

La modelación matemática es empleada a escala mundial en la evaluación del impacto, en la calidad del agua, en sistemas de tratamiento de efluentes industriales y urbanos y en general del manejo de los recursos hídricos. Los modelos son herramientas usadas en la planificación y evaluación de estrategias de saneamiento. En el trabajo se empleó para estos fines, el modelo de oxígeno disuelto (OD) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de Streeter y Phelps es un modelo unidimensional sencillo, que soluciona por métodos analíticos la ecuación de balance de masa, considerando el estado estacionario (7).

La ciudad de Quevedo, provincia Los Ríos posee una deficiente infraestructura en el sistema de alcantarillado que no abastece en su totalidad al área urbana y rural de la ciudad, es así que la ciudadanía busca otras alternativas para eliminar las aguas residuales. El Estero Macache está expuesto a la contaminación diaria de conexiones clandestinas de tuberías de descargas de aguas residuales al recurso hídrico, alimentando de carga contaminante orgánica, el mismo que ha deteriorado sus propiedades físicas, químicas y Bioquímicas. El proyecto de investigación está encaminado a demostrar el potencial de autodepuración del estero debido a la contaminación provocado por las descargas de aguas residuales generadas de manera diaria por las personas que habitan alrededor del estero.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

La grave problemática de la afectación en la calidad del agua en el cantón Quevedo de la Provincia de los Ríos es por diversas causas la principal es la deficiencia de un sistema de alcantarillado que cubra las zonas urbanas y rurales en conjunto se debe a la falta de educación ambiental desde las autoridades competentes hasta las comunidades en la conservación del recurso hídrico del estero Macache debido a las actividades domésticas y agrícolas que ejerce la población sobre el agua.

El crecimiento poblacional acelerado incluyendo asentamientos urbanos legales e ilegales en la ciudad de Quevedo ha conllevado a insuficientes sistemas de alcantarillado, falta de tratamiento de aguas residuales y disposición final de los desechos sólidos provoca la contaminación ambiental de los afluentes como el Estero Macache que se encuentra afectado por las conexiones clandestinas de tuberías de descargas de aguas negras de las viviendas ubicadas aproximadamente a 200 metros de distancia al cauce deteriorando la calidad del agua en sus propiedades fisicoquímica y biológicas. En la estación de verano por la ausencia de lluvias es muy notorio su contaminación que en épocas de invierno, por lo que no hay disolución de la carga contaminante orgánica impidiendo el proceso de autodepuración del estero con normalidad.

El deterioro de la calidad del agua del Estero Macache se debe a las distintas actividades humanas que se dan en los alrededores del afluente donde el recurso hídrico es utilizado para diversos usos entre ello las actividades domésticas como lavandería y el lugar para deshacerse de las aguas negras de las viviendas. Así también otros de los problemas son las actividades agrícolas para el riego de cultivos el cual provoca la acumulación de sedimentos por efectos de la topografía del terreno, además de residuos agrícolas que se desechan en las riberas del estero.

El efecto de la contaminación ambiental año tras año en el agua del estero Macache ha perjudicado la estética paisajística, ecosistema acuático y posiblemente ha ocasionado problemas en la población con enfermedades de origen hídrico. Así también no se ha delimitado áreas de interés estratégico para el manejo sustentable de los recursos naturales.

1.1.1.1. Diagnóstico

El estero Macache exhibe un notable deterioro en la calidad de sus aguas debido a las actividades agropecuarias y las conexiones de tuberías de descargas de aguas residuales al recurso hídrico lo que provoca alteraciones a sus propiedades físicas, químicas y biológicas debido a la carga contaminante orgánica liberada en el agua causando afectaciones al sistema acuático y convirtiéndose en una fuente potencial de peligro en la transmisión de enfermedades de origen hídrico hacia las poblaciones aledañas al estero (Anexo 1).

1.1.1.2. Pronóstico

La calidad de agua del estero Macache se afecta de forma diaria por las descargas de aguas residuales principalmente, sin embargo realizar la modelización para diagnosticar el proceso de autodepuración de las aguas naturales no es objetivo, sino se aplica las medidas correctivas para minimizar las fuentes puntuales y difusas de contaminación al afluente por lo tal continuará provocando pérdidas a la biota y constituyéndose en un factor de riesgo para la salud de pobladores aledaños al estero por las enfermedades transmitidas por el agua ya sea por consumo, contacto y de origen vectorial.

1.1.2. Formulación del problema

¿Las descargas de aguas residuales alteran adversamente la calidad del agua en el estero Macache?

1.1.2.1. Sistematización del problema

- ¿Cuáles serán las características hidrodinámicas y geométricas del estero Macache?
- ¿Los parámetros físicos y químicos del Estero Macache se encuentran alterados?
- ¿El modelo matemático de Streeter y Phelps permitirá evaluar la calidad del agua?

1.2. Objetivos

1.2.1. General

Modelizar los niveles de oxígeno disuelto (OD) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) del estero Macache en el segmento norte del cantón Quevedo, Provincia de Los Ríos.

1.1.1. Específicos

- Determinar las características hidromorfológicas del segmento norte del estero Macache.
- Estimar los parámetros físicos químicos requeridos para el modelo de calidad del agua.
- Modelizar la calidad del agua en el segmento norte del estero Macache con el modelo de Streeter y Phelps.

1.3. Justificación

El agua es la sustancia más abundante sobre la tierra, y constituye el medio ideal para la vida, es imprescindible para los seres vivos que habitan en él, pero con el pasar del tiempo se ha deteriorado su calidad como es el caso del estero Macache del cantón Quevedo sus habitantes de los alrededores del cauce han visto en el la oportunidad de descargar sus aguas residuales directamente al estero sin ningún tratamiento previo, debido a esta actividad perjudicial es importante evaluar la calidad de agua a través de la determinación de los parámetros físicos y químicos del agua con el empleo del modelo matemático Streeter y Phelps que utiliza los niveles de oxígeno disuelto (OD) déficit y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

El empleo del modelo matemático de Streeter y Phelps es eficaz y proporcionara datos fiables de la calidad del agua por la utilización de varios factores entre ellos las características hidrodinámicas y geométricas del estero, los parámetros de oxígeno disuelto (OD) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO) que son características importantes en la carga contaminante orgánica desechada de manera diaria en el estero Macache a través de diversas actividades agropecuarias y domésticas.

La investigación en la determinación de la calidad del agua del estero Macache a través del empleo del modelo matemático de Streeter y Phelps contribuye en la obtención del grado de contaminación del agua y establecer las medidas necesarias para la minimización de los impactos ambientales que genera los asentamientos en las riberas de afluentes de agua.

La aplicación de la modelización en la calidad del agua se convierte en una herramienta de planificación para el establecimiento de objetivos de calidad ambiental, la creación de normas de calidad de efluentes en conjunto con el establecimientos de costos ambientales por las diferentes descargas que se dan en los cauces de agua y asegurar que la sociedad se comprometa a mantener los recursos hídricos como establece la Constitución de la República del Ecuador, año 2008 en su Art. 276 de los principios generales en el literal 4 de *“Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo”*.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Calidad del agua superficial

El termino calidad del agua superficial es el responsable de la evaluación de la calidad de los recursos hídricos superficiales, así como la determinación de la disponibilidad hídrica de los mismos, de ello se genera información sobre calidad para mejorar el conocimiento acerca de la disponibilidad hídrica, restricciones de la calidad y las amenazas para la población. Además, la calidad de agua sirve con fines de ordenamiento territorial, protección, identificación de zonas críticas, propuestas de usos de agua y propuestas de descontaminación (8).

2.1.1.1. Autodepuración

El proceso de auto depuración de las aguas consiste en un conjunto de fenómenos físicos, químicos y biológicos que se dan de forma natural en los cuerpos de agua provocando la destrucción de materias extrañas al río, las bacterias aerobias son las principales en este proceso porque consume la materia orgánica con ayuda del oxígeno disuelto, además las plantas acuáticas ayudan en la asimilación de componentes en forma de nutrientes, así como otros procesos fotoquímicos, diluciones y otros (9).

La capacidad de auto regeneración de un rio depende del caudal que permitirá diluir el vertido y facilitar su degradación, la turbulencia del agua aportará oxígeno diluido al medio, favoreciendo la actividad microbiana y, la naturaleza y tamaño del vertido. En este sentido, la presencia en el agua de altas concentraciones de contaminantes, tanto biodegradable como elementos artificiales no biodegradables, anula el proceso de autodepuración, se rompe el equilibrio y queda una zona contaminada que resultará difícil recuperar si no es de forma lenta y/o artificial. Además el uso de plaguicidas, fertilizantes, metales pesados, etc. no desaparecen de los ambientes acuáticos sino se acumulan en el fondo del cuerpo de agua, se incorporan a las plantas, y de ahí, se incorporan a las cadenas tróficas, etc. (9).

2.1.2. Características hidromorfológicas del agua

Las características hidromorfológicas del agua es lo concerniente a los caracteres hidrológicos de los terrenos, la circulación superficial de las aguas, los tipos y formas de escorrentía, pendientes de las vertientes, y toda información complementaria que dependerá del tipo de cuenca estudiada, las mismas que se las convierte en cartografía es decir un mapa síntesis de las distintas formas de escurrimiento y las condiciones que las dominan (10).

2.1.3. Contaminación del agua

La contaminación del agua se puede definir de muchas maneras. Por lo general, significa una o más sustancias se han acumulado en el agua de tal manera que causan problemas para animales o personas. Océanos, lagos, ríos y otras aguas interiores pueden limpiar de forma natural hasta una cierta cantidad de contaminación por dispersión que sin causar daño.

Por lo tanto, la contaminación del agua tiene que ver con *cantidades*: la cantidad de una sustancia contaminante se libera y lo grande que un volumen de agua que se libera en. Una pequeña cantidad de una sustancia química tóxica puede tener poco impacto si se derrama en el mar desde un barco. Sin embargo, la misma cantidad del mismo producto químico puede tener un impacto mucho mayor bombea en un lago o río, donde hay menos agua limpia para dispersarla (11).

En Ecuador, la contaminación de los recursos hídricos causada por los desperdicios generados por los municipios y la industria, residuos de la agricultura, la crianza de animales, la minería, petróleo y otros desperdicios sólidos urbanos confieren un escenario perjudicial para la salud de la población en todo el Ecuador y tiene una influencia negativa en los recursos hidrológicos superficiales y en el agua subterránea.

El tratamiento de los desechos líquidos urbanos e industriales es casi inexistente (apenas un 7%) y las que hay se ubican en el Austro del país, porque no se aplican las normas ambientales establecidas por el MAE, utilizándose el alcantarillado para la eliminación de aguas residuales que las conduce directamente al curso de los ríos y, en

otros casos el vertido de aguas grises es directo al recurso agua. El crecimiento de las ciudades produce desechos que por el ineficiente manejo de los residuos sólidos se acumulan en botaderos, quebradas y cursos de agua, causando grave deterioro al ambiente y a la salud humana (12).

2.1.3.1. Fuentes de contaminación del agua

Existen diversas clasificaciones de la contaminación del agua. Las dos fuentes principales de contaminación del agua pueden ser vistas como **puntuales y no puntuales** (13).

A. Puntuales se refiere a los contaminantes que pertenecen a una sola fuente. Un ejemplo de esto sería emisiones de las fábricas en el agua.

B. No Puntuales por el contrario significa contaminantes emitidos a partir de múltiples fuentes. Para agua contaminada después de las lluvias que ha viajado a través de varias regiones también pueden ser considerados como una fuente no puntual de contaminación.

2.1.3.2. Efectos de la contaminación del agua

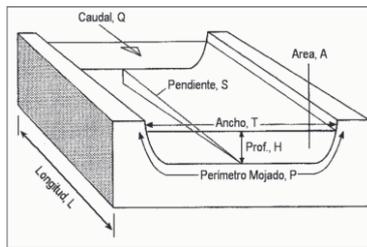
Los efectos de la contaminación del agua son variados y dependen de que los productos químicos que son descargados a los cuerpos de agua y también de la cercanía a las zonas urbanas (ciudades y pueblos) que son altamente contaminado. Entre los efectos es la muerte de los animales acuáticos (agua), la interrupción de las cadenas de alimentos, la proliferación de enfermedades para los seres humanos, y la destrucción de los ecosistemas.

2.1.4. Hidrodinámica y geometría del agua superficial

La hidrodinámica estudia la dinámica de los líquidos presenta varias características que pueden ser descritas por ecuaciones matemáticas muy sencillas como el caudal para aguas superficiales esta se define como el volumen de líquido que fluye por unidad de tiempo y nos sirve para determinar los movimientos del agua si afectan a la temperatura, los nutrientes, oxígeno disuelto, distribución de sedimentos contaminantes, algas y otros.

La geometría hidráulica de un tramo de río (Figura 1) habitualmente se expresa a través de un conjunto de ecuaciones que describen de manera global la forma y tamaño del cauce (representados a través del ancho B y profundidad H de la sección transversal y la pendiente longitudinal S , asumidas como variables dependientes) en función del caudal dominante Q (14).

Figura 1. Esquema de definición para la geometría hidráulica de cauces aluviales



Fuente: Farias, Jd., Brea y R, 2005

2.1.5. Criterios y técnicas de muestreo de agua

Una muestra es representativa en la medida en que sus características correspondan a la existencia de una gran masa total. Sin embargo deben tomarse en cuenta varios factores, entre los cuales podemos incluir: homogeneidad del cuerpo de agua a muestrear, número de sitios muestreados, frecuencia de muestreo, tamaño de las muestras individuales y las técnicas de captación (15).

2.1.6. Frecuencia de muestreo para análisis físico-químico

Un factor determinante en la frecuencia de muestreo, lo constituye la variabilidad de la composición físico-químico de las aguas, la cual a su vez está condicionada por factores geológicos, hidrológicos, biológicos, humanos, y otros. Si la variabilidad es significativa durante el año, el muestreo debe ser más frecuente e incluso se puede requerir un registro continuo para poder describir adecuadamente los parámetros de estudio. Si por el contrario la variabilidad es pequeña o poco significativa, la frecuencia se puede establecer en forma estacional o limitarse la misma a comprobaciones periódicas (15).

La **Frecuencia de muestreo en aguas superficiales**: En términos generales la variabilidad de los factores de calidad en las aguas superficiales es más acentuada y más rápida que la que presentan las aguas subterráneas. En aguas superficiales sujetas a los efectos de escorrentía, como ríos y quebradas, es necesario que el muestreo se realice con una mayor frecuencia, debido a los cambios constantes a que es sometida la composición de estas fuentes de agua; la instalación de equipos de registros y analizadores automáticos para una vigilancia continua de parámetros críticos, o la captación de muestras con intervalos diarios, sería lo ideal en estos casos (15).

2.1.6.1. Parámetros Fisicoquímicos del Agua

Los parámetros físicos y químicos empleados para la presente investigación son temperatura, oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno que se detallan a continuación:

- **Temperatura**

Es un factor abiótico que regula procesos vitales para los organismos vivos, sus variaciones pueden afectar la viscosidad y la velocidad de las reacciones químicas, intervienen en el diseño de la mayoría de los procesos de tratamiento del agua, se mide en Celsius (°C), Fahrenheit (°F), Kelvin (°K) (16).

- **Déficit de oxígeno disuelto (OD)**

El oxígeno disuelto en un cuerpo de agua varía temporalmente en función de la reaireración atmosférica, fotosíntesis (ya que en ella se libera oxígeno), respiración del fitoplancton, oxidación de materias orgánicas carbonáceas y nitrogenadas, y de la demanda de oxígeno del bentos (organismos que habitan en los sedimentos), fundamentalmente (17).

El oxígeno disuelto indicador de la calidad del agua, por las altas cargas de sustancias demandantes de oxígeno que se producen con el vertido de aguas residuales (con o sin tratamiento) que afectan de forma significativa a la concentración de oxígeno aguas abajo del punto de vertido, y por su extraordinaria importancia para la vida acuática.

Concentraciones bajas de oxígeno disuelto, por ejemplo, ocasionadas por vertidos de aguas residuales van a asociadas a episodios de mortandad de peces, emisión de olores desagradables (por la presencia de sustancias varias en formas reducidas), y otros muchos efectos negativos de carácter estético (18).

▪ **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) se usa como una medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación de la materia orgánica biodegradable, presente en la muestra de agua, como resultado de la acción de oxidación aerobia (19).

En condiciones normales de laboratorio, la DBO se determina a una temperatura de 20 °C en un tiempo de 5 días, siendo expresado en mg/l O₂ y es conocido como DBO₅. Este procedimiento fue adoptado en 1936 por la Asociación Americana de Salud Pública, y desde entonces ha permanecido como un indicador de la contaminación (20).

2.1.7. Modelo Matemático de Streeter y Phelps

Es un modelo matemático que relaciona los dos principales mecanismos que definen el oxígeno disuelto en un cauce de agua superficial que recibe la descarga de aguas residuales: Descomposición de materia orgánica, y aireación de oxígeno. Este modelo ha sido adaptado tanto para fuentes puntuales como para fuentes difusas o dispersas (21).

Según Thomann 1989, las ecuaciones Streeter y Phelps consideran los principales fenómenos de mecánica de los ríos, lo que incluye los procesos de autodepuración y el balance de oxígeno disuelto, reacciones cinéticas de contaminantes, y considera que el sistema en su estado estacionaria o permanente, lo que permite establecer las ecuaciones de la Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO y el déficit de Oxígeno Disuelto OD, a lo largo de las secciones longitudinales (22).

2.1.7.1. Constantes de desoxigenación (K_D)

La constante de desoxigenación (K_D) debida al ejercicio de la DBO en la corriente receptora, que mide la velocidad a la cual se oxida la materia orgánica (1/día). La tasa de desoxigenación depende de la temperatura así como de las características Bioquímicas, físicas y químicas de la materia orgánica, y del medio en el que se realice la degradación (23).

2.1.7.2. Constantes de reaireación (K_2)

Se conoce como reaireación, el proceso por el cual el oxígeno y demás componentes gaseosos del aire son renovados en la columna de agua, debido al movimiento del río. Los patrones que la controlan son diferentes de los que afectan la desoxigenación. Es importante, en consecuencia, estudiar estos patrones, así como los procedimientos para predecir las tasas reales de reaireación. Si por alguna razón el nivel de OD en el agua es menor que el valor de saturación, el agua disuelve más oxígeno de la atmósfera y se acerca nuevamente al nivel de saturación (17).

2.1.7.3. Constantes de Remoción de la DBO

Cuando la remoción de DBO es producida por otros mecanismos aparte del de bioxidación como son: sedimentación y adsorción, se debe incluir en el modelo K_R . En general $K_R = K_D + K_3$, en donde la K_3 es la tasa de remoción debida a la sedimentación y/o adsorción cuando los fenómenos mencionados no existen la K_R es igual a la K_D (24).

2.1.7.4. Proceso de Calibración

Para calibrar adecuadamente un modelo de este tipo se recomienda tomar mediciones de calidad del agua sobre la misma masa de agua que fluye hacia aguas abajo con el fin de reducir la incertidumbre que se incorpora por la variabilidad temporal de las descargas y por razones de ahorro de costos de monitoreo. Si se monitorea la misma masa de agua se pueden determinar las transformaciones que ocurren en la calidad del agua espacialmente a lo largo de la corriente para las condiciones de caudal de la corriente y del caudal vertido que fluye hacia aguas abajo. En estas condiciones

la calibración del modelo se realiza con menor incertidumbre pues se garantiza la conservación de la masa de agua y contaminantes (25).

La comunidad científica ha aceptado que la calibración de modelos con varios parámetros es un problema complejo que requiere métodos de calibración objetiva tales como métodos de mínimos cuadrados no lineales (NLS), presentan serias limitaciones en la obtención de parámetros óptimos del modelo por problemas de alta no linealidad e interdependencia paramétrica. Se recomienda en el caso de modelos de calidad del agua, típicamente con más de 7 parámetros, utilizar métodos basados en simulaciones de Monte Carlo tales como la metodología de estimación de incertidumbre generalizada Generalised Likelihood Uncertainty Estimation methodology, GLUE, Beven y Binley, 1992, el procedimiento de identificación dinámica Dynamic identifiability Wagener et al, 2002 o el método de evolución compleja de poblaciones Shuffled complex evolution method, SCE-UA, Duan et al., 1994 (25) .

2.1.7.5. Metodología GLUE (Generalized Likelihood Uncertainty Estimation)

Algunos investigadores han empleado la metodología GLUE para dar soporte y confianza en las predicciones de la modelación hidrológica (26). Es utilizada en la calibración de modelos de calidad del agua, y su aplicación consiste en seleccionar rangos de variación de los parámetros, y luego, mediante simulaciones de Monte Carlo, generar combinaciones de valores de los parámetros, de modo que una gráfica de probabilidad se pueda utilizar para identificar las combinaciones óptimas, incluyendo la sensibilidad paramétrica cita Chin del año 2013 (27).

2.1.8. Validación del modelo

Los datos de calidad del agua comúnmente presentan errores ya sea en la recolección de los datos, la representatividad del sitio de muestreo, contaminación de las muestras durante su manipulación, errores de análisis en el laboratorio y de almacenamiento de los datos. Por lo general se clasifica en dos tipos, el primero tiene que ver con la calidad y precisión de los datos, el segundo con los errores que se comenten en los supuestos que es necesario hacer para realizar los análisis estadísticos. Por tal razón es necesario realizar la validación del modelo (28).

El proceso de validación de un modelo siempre está sujeto a un caso experimental dado. Por lo que, parece ser un tanto irrealista el decir "este modelo es válido" siempre habrá que decir para que tipo de experimento lo es (29).

2.1.8.1. Errores estadísticos

Para la validación del modelo de Streeter Phelps se utilizó el error cuadrático medio (RMSE) como un estándar métrica de estadística para medir el desempeño del modelo, la recomendación de Legates y McCabe (1999), para evaluar la capacidad predictiva de los modelos emplean el error en las predicciones del modelo se cuantificará en términos de las unidades de la variable calculada mediante la raíz del error cuadrático medio y su ecuación es la siguiente (29):

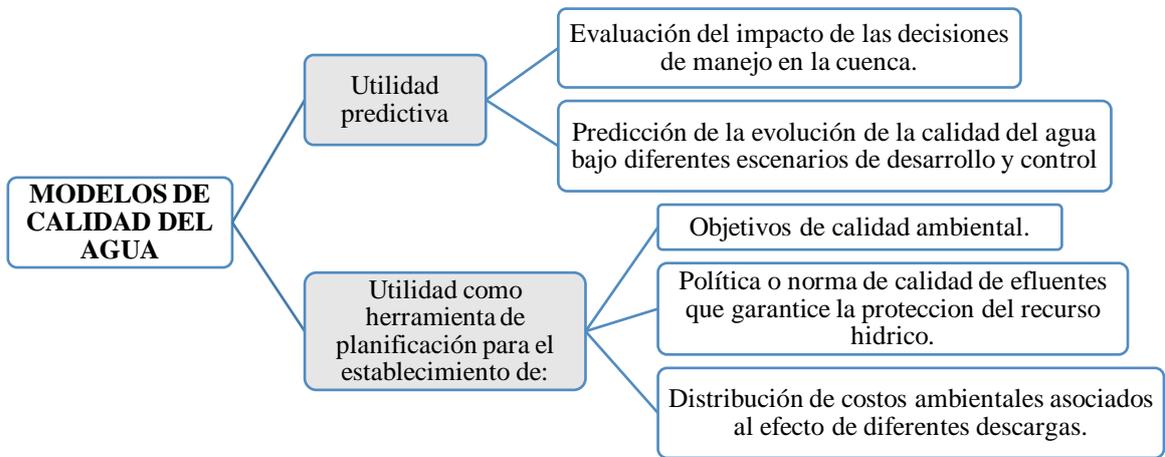
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N [O_i - P_i]^2}{N}} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde, O_i y P_i representan las muestras (de tamaño N) de los valores observados y los calculados por el modelo respectivamente. Un valor de RMSE=0 indica un ajuste perfecto (29). Cuando el valor del error estándar es demasiado alto, son cuestionables las conclusiones que se saquen con base en los análisis estadísticos (28).

2.1.9. Utilidad de los modelos de calidad del agua

Los modelos matemáticos de calidad del agua poseen diversas aplicaciones, se destacan en Esquema 1 las siguientes utilidades más importantes (30):

7Esquema 1. Utilidades de los Modelos de calidad del Agua



2.2. Marco referencial

Según Valcárcel L, Borroto J, Alberro N, Griffith J, Derivet M, Flores P, et. al., en su estudio sobre “Modelación de la calidad del agua en el segmento medio del río Luyanó, año 2010”, realizan una caracterización de la calidad del agua por medio de tres parámetros: demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto y amonio en un tramo del río Luyanó, empleando el software RIOSep® v.2.0; así mismo, se estimaron los parámetros hidrodinámicos de la corriente del río con las técnicas de análisis fisicoquímico para determinar sus parámetros básicos. Los resultados fueron un modelo que describe en más del 90% el comportamiento de la demanda bioquímica de oxígeno y del oxígeno disuelto y en más del 65% el comportamiento del amonio, por lo que caracteriza adecuadamente los procesos de autodepuración y el balance de oxígeno en las aguas del río (7).

Según Montelon R, Gogordillo A, Otazo E, Villagómez J, Acevedo O y Prieto F, en su investigación de “Modelación de la Calidad del Agua del Río Tula, Estado de Hidalgo, México” realizaron una modelización de la calidad del agua del río Tula, desde el emisor central hasta su confluencia con la presa Endhó, sus resultados durante dos años considerando una longitud de 50 km en 4 zonas y 35 sitios de muestreo, demostraron que los valores de DBO variaron desde 1.16 hasta 486.81 mg O₂/L; el oxígeno disuelto entre 52 y 5.82 mg/L, esto implica una afectación para el desarrollo de la vida acuática (31).

Según González R, y Ramírez H, en su artículo científico titulado “Modelación numérica de la hidrodinámica, del oxígeno disuelto y la demanda bioquímica de oxígeno en sistemas con vegetación” publicado en el año 2011, demuestran sus resultados a base de la aplicación de modelos matemáticos entre ellos ecuaciones de Streeter-Phelps para simular la hidrodinámica y el transporte de contaminantes en sistemas donde existe vegetación, tanto sumergida como emergente, las concentraciones de DBO y OD varían debido al tiempo de residencia y a la reaireración producida por el intercambio atmosférico y la respiración de las plantas (32).

El estudio realizado por Montalvo J, García LL, Loza S, Esponda S, César M, González R, Hernández L, titulado “Oxígeno disuelto y materia orgánica en cuerpos de aguas interiores del Archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba”, demuestran la evaluación de los contenidos de oxígeno disuelto y de materia orgánica en la fase acuosa de las bahías de Cárdenas, Santa Clara, Puerto de Sagua la Grande, San Juan de los Remedios, Buena Vista, Los Perros, Jigüey y La Gloria, entre los años 2001 y 2005 se registraron concentraciones de oxígeno disuelto inferiores al valor de saturación en la época de lluvias, habiendo procesos de eutrofización (33).

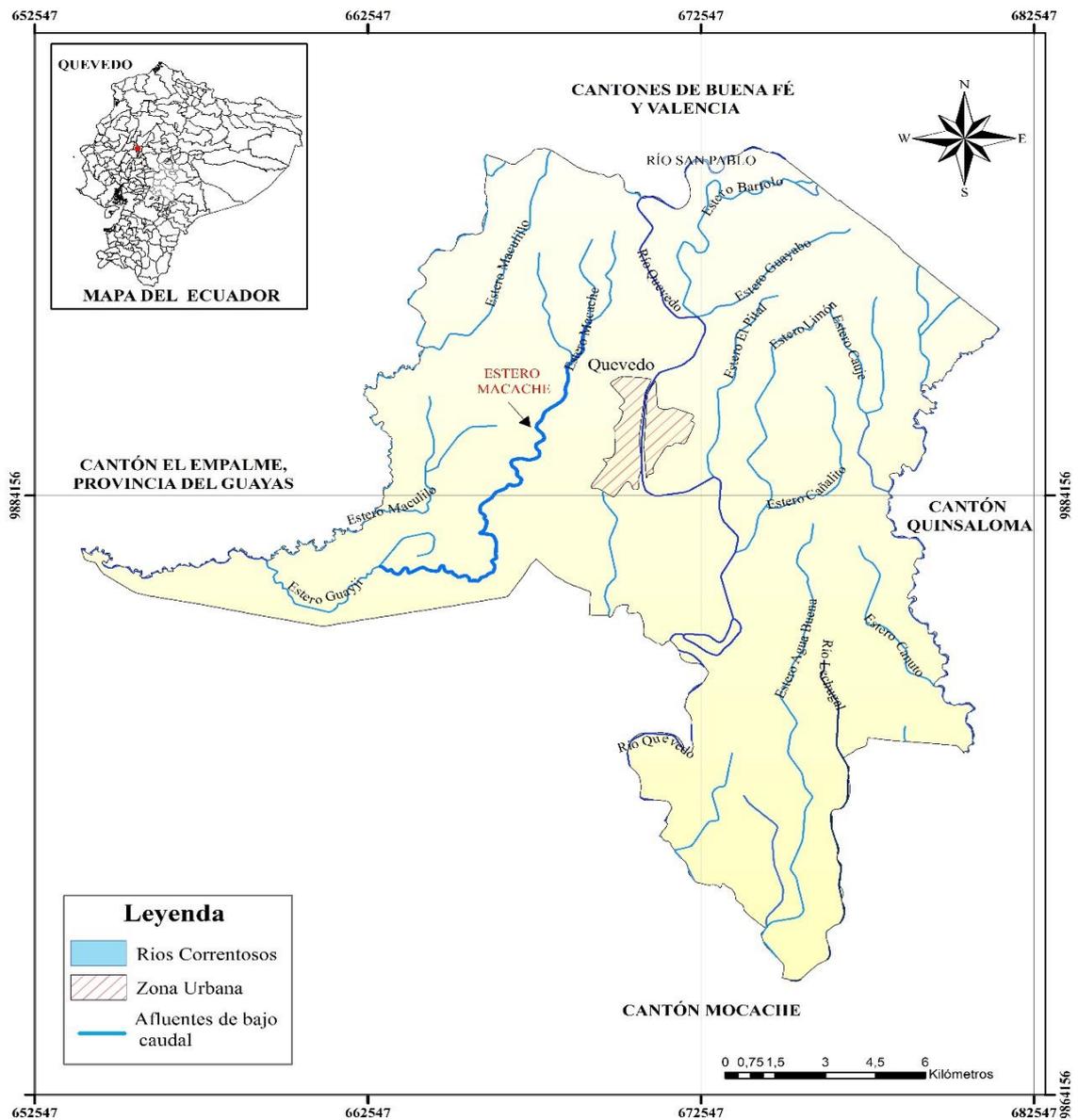
En el estudio de “Calidad del Agua y Salud Pública en la zona centro de Tamaulipas”, realizado por Heyer L, Ramos O, De la Garza F, Rivera P, Castro B, manifiesta que la ciudad Tamaulipas posee alta demanda de agua en la parte Norte, por la concentración mayor de la población con el 88,4% lo que provoca la contaminación de los cuerpos de agua por la falta de tratamiento del agua residual urbana y por las actividades industriales; es decir, mientras mayor población existe, es mayor la contaminación a los cauces de agua debido a la deficiencias de los municipios para el tratamiento de aguas urbanas. La calidad del agua es un factor determinante en la salud pública de las comunidades (34).

CAPÍTULO III
MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización del área de estudio

El área de estudio se desarrolló en el Estero Macache ubicado en el cantón Quevedo de la Provincia de Los Ríos con una longitud de 15.783,10 km, se monitoreo el segmento norte del curso de agua que cruza las Parroquias 24 de Mayo por el sector Aguas Claras y Venus del Rio Quevedo por el sector Grito de la Libertad (Figura 2).

Figura 2. Mapa de localización del área de estudio



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO		
TEMA DE INVESTIGACIÓN: MODELIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL SEGMENTO NORTE DEL ESTERO MACACHE DEL CANTÓN QUEVEDO, PROVINCIA DE LOS RÍOS	UBICACIÓN PROVINCIA DE LOS RÍOS CANTÓN QUEVEDO	Sistema de Coordenas Geograficas: Datum WGS 1984 UTM 17S
	FECHA: ENERO 2017	FUENTE: Instituto Geografico Militar del Ecuador Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC)
	ESCALA: 1:250.000	ELABORADO POR: ARTURO VELEZ MEZA

Elaboración: Autor

Las condiciones edafoclimáticas promedio del cantón Quevedo determinadas en el año 2005 por la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP se muestran en el Cuadro 1, los datos de temperatura, humedad relativa, precipitación, zona ecológica y el clima.

Cuadro 1. Condiciones edafoclimáticas de Quevedo

Parámetro	Descripción
Temperatura promedio	25°C
Humedad Relativa, %	84,08
Precipitación, mm año ⁻¹	1398,90
Zona ecológica	Bosque Humado Tropical bh – T
Clima	Cálido seco y húmedo

Fuente: Datos de la Estación Experimental Tropical Pichilingue INIAP del año 2015.

3.2. Tipo de investigación

3.2.1. Investigación Exploratoria

La calidad del agua del Estero Macache no posee investigaciones referentes al grado de contaminación; por tal razón, se explica la utilización de la investigación exploratoria aplicada para fenómenos no estudiados. El estero se encuentra afectado por las actividades de la población rural, por lo que es necesario la realización de análisis fisicoquímicos del agua y la determinación de las características hidromorfológicas del cuerpo hídrico indispensable para evaluación de la calidad a través de la modelización por medio del modelo Streeter-Phelps.

3.3. Métodos de investigación

3.3.1. Método por observación

El instrumento de análisis por observación es esencial para la determinación de la calidad del agua con ella se identifica las fuentes de contaminación que rodean las riberas del estero, así mismo las características de color, turbidez y residuos que flotan en el agua entre el periodo de análisis verano e invierno. Dicho método es utilizado con la única

finalidad de garantizar la confiabilidad de los resultados de la modelización de la calidad, la cual se obtendrá el grado de afectación del estero a través de los niveles de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y oxígeno disuelto (OD).

3.3.2. Método Deductivo

La calidad del agua del estero Macache del cantón Quevedo se obtuvo por medio de la aplicación del modelo matemático Streeter y Phelps para modelizar la calidad del cuerpo hídrico basado en el empleo de parámetros fisicoquímicos.

3.3.3. Método Inductivo

Los análisis de agua de los parámetros fisicoquímicos y la determinación de las características hidromorfológicas permiten obtener la calidad del agua del Estero Macache a través de la modelización basado en el modelo matemático Streeter y Phelps.

3.3.4. Método Analítico

La aplicación del método analítico para la investigación de “Modelización de la calidad del agua en el segmento norte del estero Macache”, se basa en la ejecución de las ecuaciones del modelo de Streeter y Phelps para la obtención de los resultados de la calidad del agua, los mismos que son presentados a través de gráficos que representan los niveles de DBO y OD que sirven para concluir en el grado de contaminación por materia orgánica. Así mismo se empleó pruebas estadísticas para los procesos de calibración de la modelización.

3.4. Fuentes de recopilación de información

Fuentes primarias.- Los datos se obtuvieron en la fase de campo ejecutada durante los meses de diciembre del 2016 y enero del 2017.

Fuentes secundarias.- La información para la investigación se la obtuvo a través de bibliotecas virtuales (internet) y de textos impresos relacionados a la modelización de la calidad del agua.

3.5. Diseño de la investigación

3.5.1. Identificación de las características hidromorfológicas del estero Macache.

La identificación de las características geométricas e hidrodinámicas del agua corresponden a la fase de campo; en la realización, se obtuvo el caudal para el Estero Macache en el segmento norte durante las fechas de investigación cada quince días de los meses de diciembre del año 2016 y enero del año 2017.

En la determinación del caudal se empleó el “método de velocidad – área” para conocer la velocidad que posee los tres tramos de aforo. Se utilizó un flotador en el agua y el cronómetro para calcular la distancia recorrida en una sección determinada; posteriormente, se midió la profundidad de la corriente en los puntos de aforo, y finalmente se calculó el área de cada sección midiendo la longitud y la profundidad. Con los datos obtenidos se procedió a calcular el caudal del estero Macache de segmento norte. A continuación, se describen las siguientes ecuaciones empleadas:

1. Velocidad del Agua

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Distancia}(m)}{\text{Tiempo}(s)} \quad \text{Ecuación 2}$$

2. Caudal del Agua

$$\text{Caudal} \left(\frac{m^3}{s} \right) = \text{Velocidad del flujo} \left(\frac{m}{s} \right) * \text{Area de seccion}(m^2) \quad \text{Ecuación 3}$$

Se registraron los resultados de velocidad, profundidad y caudal que conforman las características hidro-morfológicas en el siguiente diseño de tabla (Cuadro 2):

Cuadro 2. Diseño para el registro de las características hidromorfológicas

Tramos del Estero Macache (Norte)	Diciembre del 2016			Enero del 2017		
	Velocidad	Profundidad	Caudal	Velocidad	Profundidad	Caudal
	m/s	m	L/s	m/s	m	L/s
Aguas arriba						
Descarga 1						
Tramo1						
Tributario 1						
Tramo 2						
Tramo3						

Elaboración: Autor

3.5.2. Determinación de los parámetros fisicoquímicos del Estero Macache.

Se recolectó muestras de agua *in situ* del estero “Macache” en el segmento norte en horas de la mañana de las descargas puntuales y los tributarios con una frecuencia cada 15 días durante dos meses (Diciembre del 2016 y Enero del 2017), considerando los criterios establecidos por las normas INEN 2176:1998, INEN 2226:2000 e INEN 2169:1998.

Para el muestreo de agua, se realizaron 4 por cada punto, dos de estos análisis en el Laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y los otros dos en el Laboratorio Acreditado CESAQ-PUCE. Se determinaron los parámetros de oxígeno disuelto (OD), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) a través del método respirométrico en una cabina de incubación OxiTop® Box (Ver Anexo 3, Tabla 23) también se determinaron parámetros como conductividad, pH, turbiedad estos en el laboratorio de la UTEQ. Los datos de las concentración de los parámetros físico, químicos determinadas para la investigación se registraran en el siguiente diseño de tabla (Cuadro 3).

Cuadro 3. Diseño para el registro de las concentraciones fisicoquímico.

Parámetros Fisicoquímico	Aguas arriba	Descarga 1	Tramo 1	Tributario 1	Tramo 2	Tramo 3
Dic 2016						
Enero 2017						

Elaboración: Autor

3.5.2.1. Identificación de los puntos de muestreo

El área de estudio se desarrolló en el Estero Macache ubicado en el cantón Quevedo, Provincia Los Ríos, se procedió a monitorear el segmento norte del estero que cruza las Parroquias Venus del Río Quevedo y 24 de Mayo durante los meses de diciembre del 2016 y enero del 2017. Los puntos de muestreo se dividieron en función de los parámetros hidromorfológicos como la velocidad de la corriente, la profundidad del estero Macache donde se identificaron dos afluentes; el primero consiste en una descarga continua y permanente de aguas servidas proveniente del sector nuevo amanecer en la parroquia Venus del Río Quevedo; y la segunda, un ojo de agua en donde una descarga se mezcla con estas aguas proveniente del sector Las Tolas en la parroquia Venus del Río Quevedo. El estero *Macache* llega hasta la parroquia 24 de mayo por el sector Juan de Dios Zárate, la longitud de estudio del cauce de agua es de 3,88 km (3880 metros) dividido en tres tramos para la realización de la modelización en el Cuadro 4 se detallan las coordenadas y la denominación por cada punto de muestreo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Puntos de monitoreo en el estero Macache

Punto de muestreo	Denominación	Coordenadas Geográficas		Ubicación
		X	Y	
PM1	Aguas arriba	669341	9889992	Parroquia Venus del Río Quevedo
PM2	Descarga 1	669494	9890061	
PM3	Tramo 1	669108	9889707	
PM4	Tributario 1	669092	9889034	
PM5	Tramo 2	668701	9888585	
PM6	Tramo 3	668109	9887154	Parroquia 24 de Mayo

Elaboración: Autor

En el cuadro 5 se detalla la distancia que existe desde el PM1 hasta el término del tramo 1 con 538 metros de distancia, desde este punto hasta el tramo 2 la distancia se incrementa a 1.231 metros, para el último tramo la distancia es de 1.933 metros. Esta división del estero en los tres tramos fue seleccionada en base a las facilidades para realizar los aforos y las condiciones de velocidad y profundidad adecuadas.

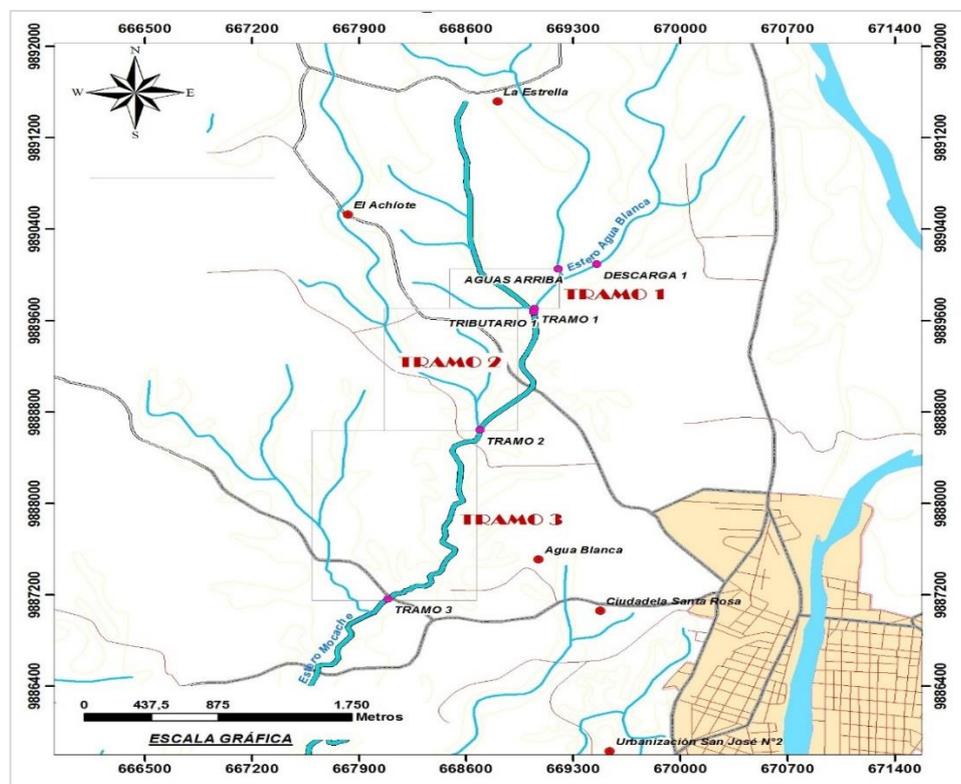
Cuadro 5. Distancia de los tramos en el estero Macache

Tramos	Distancia (m)	Punto de muestreo
1	538	Empieza desde el PM1, PM2, hasta PM3
2	1769	Se inicia desde el PM3 se incluye el pm4 hasta el PM5
3	3702	Empieza desde el PM5 hasta el PM6

Elaboración: Autor

En la Figura 2 se observa el mapa de la ubicación de los 6 puntos de muestreo del Estero Macache segmento norte en el cantón Quevedo, Provincia Los Ríos.

Figura 2. Ubicación los puntos de muestreo en el Estero Macache



Fuente: Cartas del Geoportal del Instituto Geográfico Militar del Ecuador (IGM)
Elaboración: Autor

El Estero Macache en el segmento norte posee distintas características en cada punto de muestreo, por tal razón es necesario destacar las situaciones actuales en cada parte de estudio del recurso hídrico, como se observa en el (Cuadro 5).

Cuadro 5. Característica en los puntos de muestreo del Estero Macache (norte)

Punto de muestreo	Denominación	Característica
PM1	Aguas arriba	Agua del cauce natural del estero
PM2	Descarga 1	Descarga de aguas residuales de residencias cercanas al estero
PM3	Tramo 1	Combinación de la descarga con el agua que proviene del sector Las Tolas
PM4	Tributario 1	Ojo de agua proveniente del sector
PM5	Tramo 2	Cause del estero que pasa por sembríos de palmeras
PM6	Tramo 3	Aguas alejadas de descargas directas e indirectas de aguas residuales (bosque)

Elaboración: Autor

3.5.3. Empleo del modelo matemático de Streeter y Phelps para la evaluación de los niveles de oxígeno disuelto (OD) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) del agua.

La evaluación de los niveles de oxígeno disuelto (OD) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en el estero Macache (segmento norte), se efectuó a través del modelo matemático de Streeter y Phelps, mediante el uso de las medias calculadas de las características hidrodinámicas geométricas (caudal) y parámetros fisicoquímicos como el oxígeno disuelto y la demanda bioquímica de oxígeno.

Para la eficiencia del modelo matemático se hará la calibración de las constantes cinéticas de desoxigenación, reaireación y remoción de la DBO, k_a , k_d , y k_r , mediante la combinación de método manual, o de ensayo y error, y el método automático de la metodología GLUE (Generalized Likelihood Uncertainty Estimation). El método consiste en introducir el término de probabilidad como una medida del rendimiento para diferenciar que tan probable es que un modelo genere resultados que describan adecuadamente el comportamiento del sistema en estudio (35).

Se realizó un análisis de rendimiento del modelo para determinar el error estadístico entre los valores medidos en el campo con los valores predichos por el modelo matemático, mediante el coeficiente de determinación y la raíz cuadrada del error cuadrado medio (RSME, por sus siglas en inglés).

El OD y DBO en la Curva de SAG (Figura 3) según Chin (2013) y Jayawardena (2014), para un tramo de corriente con un punto de descarga aguas arriba y una descarga distribuida a lo largo de la longitud, el modelo matemático referido se expresa como:

$$D_x = D_o(e^{-k_a t}) + \frac{k_d L_o}{k_a - k_r}(e^{-k_d t} - e^{-k_a t}) \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

- D_x es el déficit de oxígeno disuelto a cualquier distancia aguas debajo de la corriente.
- D_o es el déficit inicial de oxígeno disuelto.

- L_o es la demanda bioquímica última de la corriente.
- k_a es la constante de reaireación.
- k_d es la constante de desoxigenación.
- k_r es la constante de remoción total de la DBO; y,
- t es el tiempo de viaje de la corriente de agua.

Para determinar la DBO última total, L_o , se empleó la siguiente ecuación:

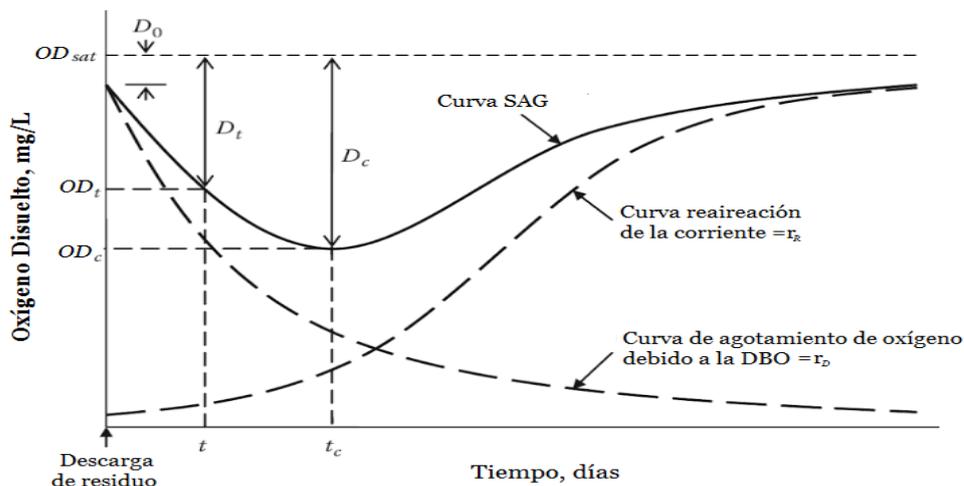
$$L = L_o e^{-kt} \quad \text{Ecuación 5}$$

El oxígeno disuelto en cada tramo se expresa como (Chin, 2013):

$$OD_x = OD_{sat} - D_x \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde: OD_{sat} es el oxígeno disuelto de saturación.

Figura 3. Curva SAG



Fuente: Rumana (2013). Fundamentals of Wastewater Treatment and Engineering. Rumania. 2013
Elaborado por: Riffaf Rumana.

3.5.3.1. Determinación de las constantes de reaireación, desoxigenación y remoción

Las constantes de desoxigenación en cada unidad de modelización (tramos) se obtuvo mediante el método de Thomas y el método logarítmico, mientras, que las constantes de reaireación se utilizaron formulas empíricas y semiempíricas detalladas en el Cuadro 6, obtenidos por diversos autores:

Cuadro 6. Ecuaciones para el coeficiente de reaireación en ríos y arroyos

Autores	Características de la corriente	Ecuación
O'Connor y Dobbins Año: 1958	0,3 m < H < 9,14 m 0,15 m/s < U < 0,49 m/s	$k_a = 3,93 \frac{U^{0,5}}{H^{1,3}}$
Churchill y otros Año: 1962	0,61 m < H < 3,35 m 0,55 m/s < U < 1,52 m/s	$k_a = 5,026 \frac{U}{H^{1,67}}$
Owens, Gibbs y otros Año: 1964	0,12 m < H < 0,73 m 0,03 m/s < U < 0,55 m/s	$k_a = \frac{5,32 \times U^{0,67}}{H^{1,85}}$

Fuente: Bilibio C, Hensel O, Selbach J. Sustainable water management in the tropics and subtropics; 2011.
Elaborado: Autor

En la determinación de la constante de remoción de la DBO₅ se asumieron los valores de la constante de reaireación k_a debido al efecto de la sedimentación de la materia orgánica era despreciable durante las fechas de muestreo, se realizó aplicando el método GLUE, con 10000 simulaciones de Montecarlo y la minimización del valor del RMSE (desviación de la raíz cuadrada media).

3.5.3.2. Calibración del modelo de Streeter Pheps

Para una mayor eficiencia del modelo de Streeter-Phelps, se efectuó la calibración paramétrica, ajustando las constantes cinéticas de reaireación (k_a), desoxigenación (k_d) y de remoción total de la DBO (k_r). En este proceso se combinó el método manual, o de ensayo y error, con el método automático, El ajuste paramétrico del modelo se evalúa con el método de probabilidad de incertidumbre generalizada, GLUE. El método estadístico se complementa con una herramienta matemática que aplica las simulaciones de Monte Carlo por medio del software Statgrafics. A través de simulaciones con el algoritmo Monte Carlo se obtuvieron 10000 posibles combinaciones de los parámetros calibrados, con el fin de obtener valores calibrados de las constantes cinéticas que describan la realidad del segmento estudiado. Los criterios a ser considerados son: la sumatoria del cuadrado de los errores (SSE) y el coeficiente de determinación (R^2) (36).

Constantes cinéticas, el término de probabilidad para diferenciar que tan probable es que el modelo genere resultados que describan adecuadamente el comportamiento del sistema en estudios posteriormente.

3.6. Instrumentos de investigación

Se consideró la observación directa, mediante la visita a las áreas de estudio del estero Macache (segmento norte), procedimientos experimentales a través de la toma de muestras de agua y análisis de ensayo fisicoquímico en el Laboratorio.

3.7. Tratamiento de los datos

El tratamiento de los datos consistió en el empleo de pruebas estadística de probabilidad con el programa Statgraphics para la calibración y ajuste de las constantes cinéticas del modelo de Streeter-Phelps. Además se utilizó el programa de Microsoft Excel para el procesamiento de los datos de aforo, análisis fisicoquímico del agua y modelización; para la definición de la localización del área de estudio el software de ArcGIS.

3.8. Recursos Materiales

Para la obtención de los análisis fisicoquímicos se trabajó en el Laboratorio de Agua y Suelo de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y el Laboratorio acreditado Pontificia Universidad Católica del Ecuador, entre los materiales utilizados durante la fase de campo fueron los siguientes:

- a) **Equipos de Oficina:** Laptop, calculadora, Cuaderno de notas, lápiz y lapicero.

- b) **De campo:** Smartphone Samsung, Georeceptor GPS, Botellas de vidrio, Baldes, Equipos de protección personal, flexómetro, cabo, piola #2, cinta masquint, varillas de madera, flotador, cronómetro.

De Laboratorio: Medidor multiparamétrico Hach HQ440d, Cámara de incubación OxiTop® Box, Reactivos para análisis de aguas, Espectrofotómetro, Placas Petri, Potenciómetro WTW, Conductivímetro WTW, Oxidímetro WTW, Pipeta, Vaso de precipitación

- c) **Software:** ArcGIS 10.3, Microsoft Excel y Statgraphics.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características hidromorfológicas en el segmento norte del estero Macache.

El área de estudio del Estero Macache corresponde a la parte norte, en la determinación de las características hidromorfológicas se dividió el cauce de aguas en tres tramos; se determinó el caudal, la velocidad media de la corriente, la profundidad que corresponde al área de la sección transversal y el ancho del cauce.

La Tabla 1 representa las características de velocidad, profundidad y caudal para el mes de Diciembre del 2016 y Enero del 2017, el procedimiento se basó en aforar aguas arriba, descarga 1, tramo 1, tributario 1, tramo 2, tramo 3 en el estero Macache. En el área de estudio del estero este es alimentado por la Descarga 1 debido al desecho de las aguas residuales y el tributario 1 que corresponde a un cauce de agua natural en conjunto con aguas residuales que se une al estero Macache segmento Norte (Anexo 3, Tabla 21 y 22).

Tabla 1. Características hidromorfológicas del mes de diciembre y enero.

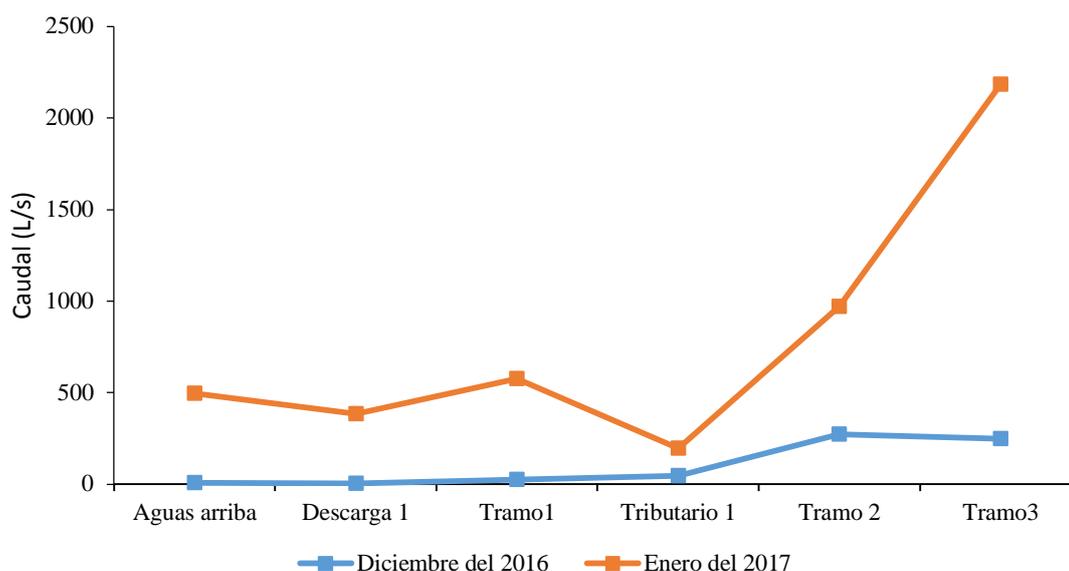
Tramos del Estero Macache (Norte)	Diciembre del 2016			Enero del 2017		
	Velocidad	Profundidad	Caudal	Velocidad	Profundidad	Caudal
	m/s	m	L/s	m/s	m	L/s
Aguas arriba	0,20	0,04	8,25	0,63	0,27	497,12
Descarga 1	1,37	1,27	3,785	0,13	0,30	383,9
Tramo1	0,12	0,11	23,81	0,59	0,34	575,55
Tributario 1	0,05	0,27	47,14	0,08	0,46	195,74
Tramo 2	0,09	0,67	273,53	0,17	1,18	970,47
Tramo3	0,12	0,22	249,30	0,36	0,55	2183,21

*m = metros, L= Litros, y s = segundos

Elaborado: Autor

Las corrientes naturales de agua se ven afectadas por las distintas actividades antrópicas que las rodea ya sean domésticas, agrícolas, industriales y demás, es por ello que es preponderante determinar el caudal de los cuerpos hídricos en movimiento ya que a mayor cantidad de agua existe una mayor disolución de los contaminantes. En el estero Macache sección Norte en el mes de diciembre del 2016 y enero del 2017 se observa en el Gráfico 1 que el caudal presenta diferencias, en el mes de diciembre el caudal se encuentra en bajas cantidades hasta 249,295 L/s, mientras que el mes de Enero el caudal incrementa desde aguas arriba con caudal de 497,115L/s hasta el tributario 1 con 195,74 L/s, a partir de este punto hasta el tramo 3 el caudal se encuentra con 2183,21 L/s (Tabla 1).

Gráfico 1. Caudal del Estero Macache segmento Norte



Elaborado: Autor

4.2. Estimación de los parámetros físicos químicos requeridos para el modelo de calidad del agua.

Las características fisicoquímicas para el Estero Macache en el segmento Norte fueron evaluadas los parámetros, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno temperatura, pH, conductividad, turbidez para los meses de diciembre del año 2016 y enero del 2017 (Ver Anexo 3, Tabla 23).

Los resultados de las concentraciones están asociados a las condiciones climáticas y a las actividades antrópicas que se dan alrededor del estero como son las conexiones clandestinas de descargas de aguas residuales y los afluentes denominados tributarios que alimentan al cauce con aguas naturales los mismos que han sido contaminados con aguas residuales.

Las aguas superficiales están en constante movimiento, generando un efecto en las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos que varían por las características hidromorfológicas. Los resultados de los parámetros se analizaron con el caudal correspondiente al área de estudio:

4.2.1. Oxígeno Disuelto OD (mg/litros)

La Tabla 2 muestra los promedios por cada mes de oxígeno disuelto que se obtuvieron en cada punto de muestreo desde aguas arriba hasta el tramo 3. La descarga y tributario 1 alimentan al cauce del estero.

Tabla 2. Oxígeno Disuelto en el estero Macache (Norte)

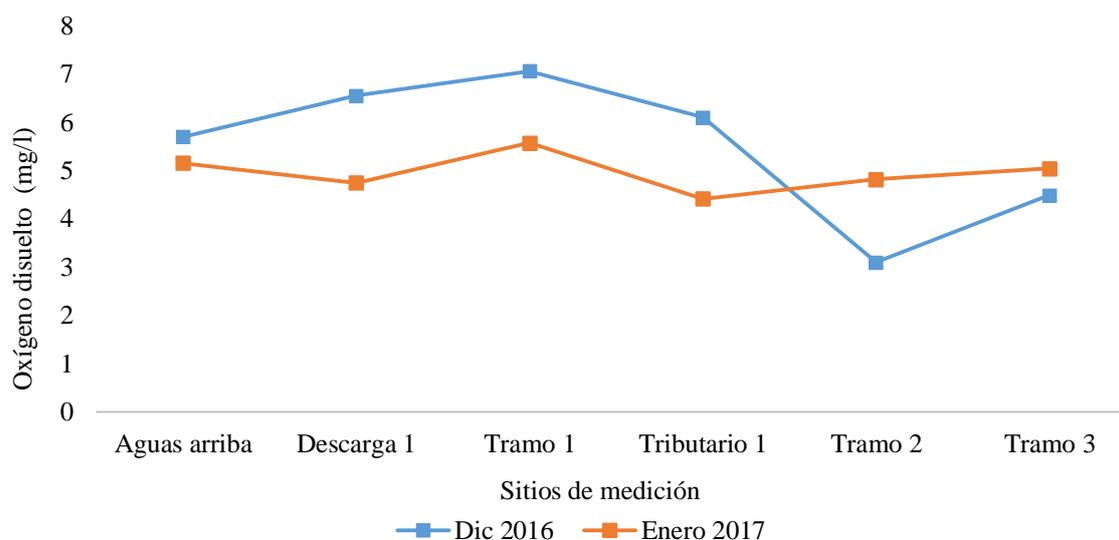
	Aguas arriba	Descarga 1	Tramo 1	Tributario 1	Tramo 2	Tramo 3
Dic 2016	5,69	6,54	7,05	6,09	3,10	4,48
Enero 2017	5,15	4,74	5,57	4,41	4,56	5,04

*Unidad de medida OD: mg/L

Elaborado: Autor

El oxígeno disuelto en el agua del Estero Macache segmento Norte en el Grafico 2 para el mes de diciembre del 2016, presenta variación en el área de estudio, desde aguas arriba hasta el tributario 1 el OD está entre 5,69 a 7,05 mg/L. El tramo 2 y el tramo 3 el OD disminuye de 3,10 a 4,48 mg/L. Mientras que para el mes de enero del 2017 se presenta la mayor concentración en el tramo 1, desciende en el tributario 1 y tramo 2 y vuelve a subir el nivel de oxígeno en el último tramo.

Gráfico 2. Oxígeno Disuelto del Estero Macache



Elaborado: Autor

4.2.2. Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO (mg/litros)

La Tabla 3 se observa los promedios de las concentraciones de la demanda Bioquímica de oxígeno (DBO) para el mes de diciembre del 2016 y enero del 2017 mediante análisis de ensayo de agua.

Tabla 3. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en el estero Macache (Norte)

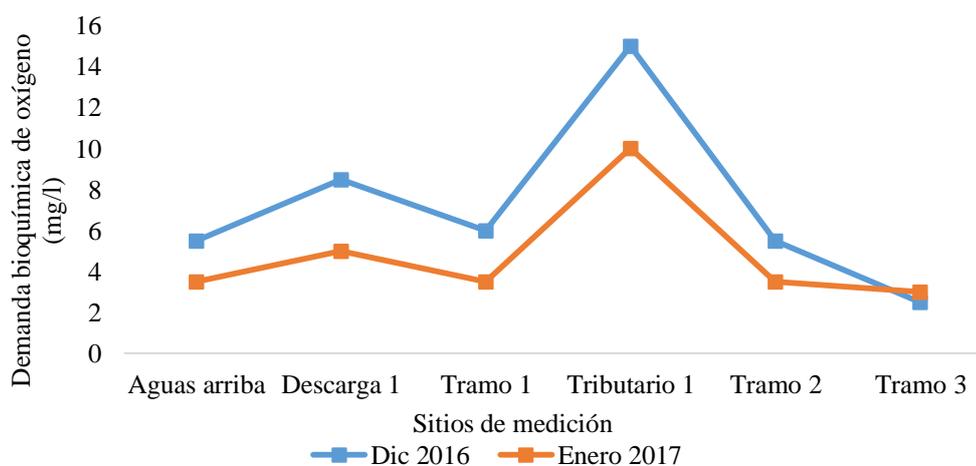
	Aguas arriba	Descarga 1	Tramo 1	Tributario 1	Tramo 2	Tramo 3
Dic 2016	5,50	8,50	6,00	15,00	4,00	3,00
Enero 2017	3,5	5,00	3,50	10,00	3,50	3,00

*Unidad de medida DBO = mg/l

Elaborado: Autor

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en el agua del Estero Macache, segmento Norte para el mes de diciembre del 2016 presenta variación en el área de estudio, desde aguas arriba hasta el tributario 1. La DBO va de 5,5 a 15 *mg/lt*. En este último se registra la mayor cantidad de DBO en ese mes luego en el tramo 2 y 3 empieza a descender hasta 2,5 *mg/lt*. Mientras que en el mes de enero del 2017 por motivo del incremento del caudal en ese mes las cantidades de DBO bajaron significativamente sin embargo se registró la mayor concentración en el tributario 1 con una DBO de 10 *mg/lt*.

Gráfico 3. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en el Estero Macache



Elaborado: Autor

4.2.3. Potencial de Hidrogeno (pH)

El potencial de hidrogeno (pH) indica si el agua es acida, neutra y alcalina, por tal la Tabla 4 muestra los promedios de pH para el mes de diciembre del 2016 y enero del 2017 obtenidas de las campañas de monitoreo de la calidad del agua del estero Macache, segmento Norte.

Tabla 4. Potencial de Hidrogeno (pH) en el estero Macache (Norte)

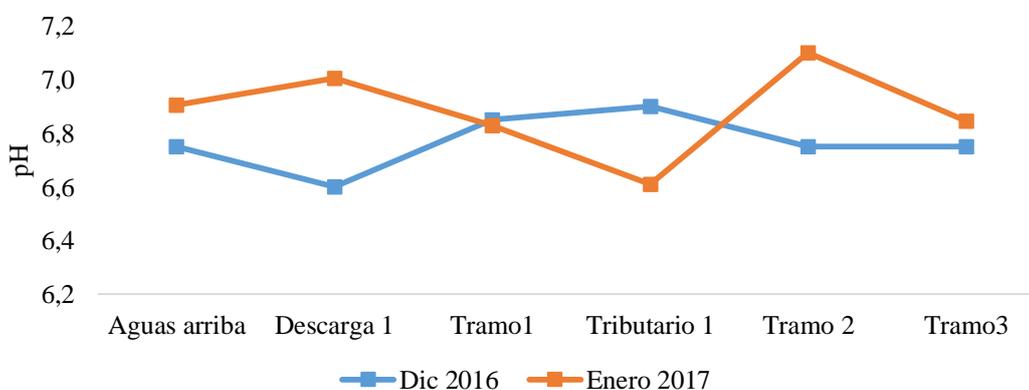
	Aguas arriba	Descarga 1	Tramo 1	Tributario 1	Tramo 2	Tramo 3
Dic 2016	6,75	6,60	6,85	6,90	6,75	6,75
Enero 2017	6,91	7,01	6,83	6,61	7,10	6,85

*Unidad de medida del pH: Unidad de pH
Elaborado: Autor

El potencial de Hidrógeno en el agua del Estero Macache segmento Norte (Gráfico 4) se observan los valores de pH opuesto entre los dos meses diciembre del 2016 y enero del 2017, es decir desde aguas arriba hasta descarga 1 los valores son mayores en el mes de enero y menores en diciembre, en el tramo 1 para los dos meses el pH esta entre 6,85 – 6,83, a partir de este punto de monitoreo el pH va de 6,75 a 6,90 para el mes de diciembre y el mes de enero desciende el pH hasta el tributario 1 con 6,61 y comienza aumentar el pH para el tramo 2 y 3 con valores de 6,85 a 7,10 unidad de pH.

Por tal razón el potencial de hidrogeno (pH) se encuentra de ligeramente alcalino a ligeramente acido por sus valores se encuentran entre el mínimo de 6,60 y el máximo 7,10 unidad de pH para los dos meses de estudio diciembre y enero.

Gráfico 4. Potencial de Hidrogeno (pH) del Estero Macache



Elaborado: Autor

4.2.4. Temperatura del agua

La Tabla 5, muestra los promedios por cada mes de temperatura que se obtuvieron en cada aforo realizado incluyendo las mediciones aguas arriba, la descarga 1 y el tributario 1 que se suman al cauce del estero.

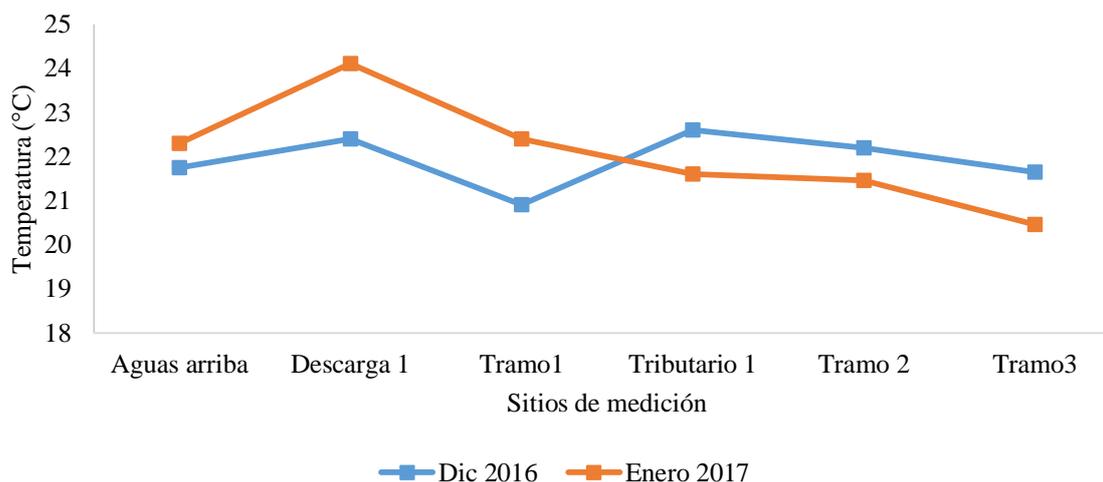
Tabla 5. Temperatura en el estero Macache (Norte)

	Aguas arriba	Descarga 1	Tramo 1	Tributario 1	Tramo 2	Tramo 3
Dic 2016	21,75 °C	22,40 °C	20,90 °C	22,60 °C	22,20 °C	21,65 °C
Enero 2017	22,29 °C	24,10 °C	22,40 °C	21,60 °C	21,45 °C	20,45 °C

Elaborado: Autor

La temperatura en el agua del Estero Macache, segmento Norte para el mes de diciembre del 2016 presenta variación en el área de estudio, el mayor valor de temperatura se da en el tributario 1 con 22.6 °C luego aguas abajo descende ya en el tramo 3 se da un valor de 21.6 °C para el mes de enero del 2017 se presenta un leve incremento en la descarga 1 que aporta caudal al estero y el valor más bajo coincidiendo con el mes anterior de 20.4 °C en el tramo 3 (Gráfico 5).

Gráfico 5. Temperatura del Agua del Estero Macache



Elaborado: Autor

4.2.5. Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Los valores de conductividad eléctrica se determinaron para cada tramo: Aguas arriba, descarga 1, tramo 1, Tributario 1, Tramo 2 y 3 para los meses de diciembre del 2016 y enero del 2017 (Tabla 6).

Tabla 6. Conductividad Eléctrica en el estero Macache (Norte)

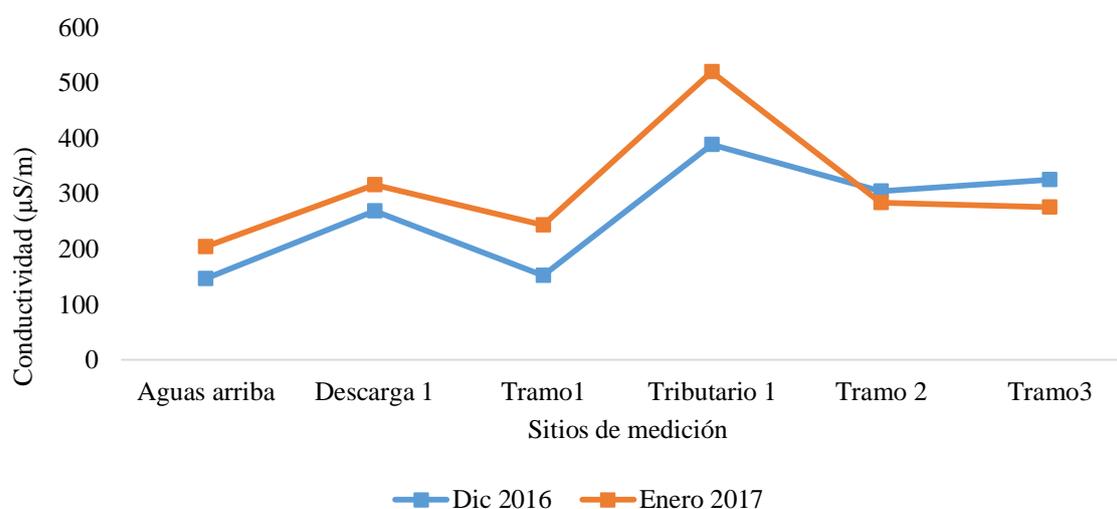
	Aguas arriba	Descarga 1	Tramo 1	Tributario 1	Tramo 2	Tramo 3
Dic 2016	294,00	537,00	306,00	778,00	608,00	650,00
Enero 2017	204,30	316,00	243,00	520,00	284,00	276,00

*Unidad de medida: $\mu\text{S}/\text{cm}$ de la conductividad eléctrica

Elaborado: Autor

El Gráfico 6 muestra que para el mes de diciembre del 2016 los valores de conductividad empiezan en cantidades bajas con 294,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aguas arriba luego con la aportación de la descarga 1 de aguas residuales y el tributario 1 se presenta un incremento en el valor de 608,00 a 650,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en los tramo 2 y 3. Para el mes de enero del 2017 es notorio un leve incremento en la conductividad del agua en los tramos 2 y 3 con 276 a 284 $\mu\text{S}/\text{cm}$, destacando que los puntos de descarga y tributario 1 aportan con concentraciones altas de conductividad eléctrica que van de 316,00 y 520,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Gráfico 6. Conductividad eléctrica del agua en el Estero Macache



Elaborado: Autor

4.2.6. Turbidez del agua

La Tabla 7 se presentan los valores de turbidez para los meses de diciembre del 2016 y enero del 2017 obtenidos durante los análisis fisicoquímico de la calidad del agua para el Estero Macache, segmento norte, fueron 6 puntos de monitoreo aguas arriba, descarga 1, tramo 1, tributario 1, tramo 2 y 3.

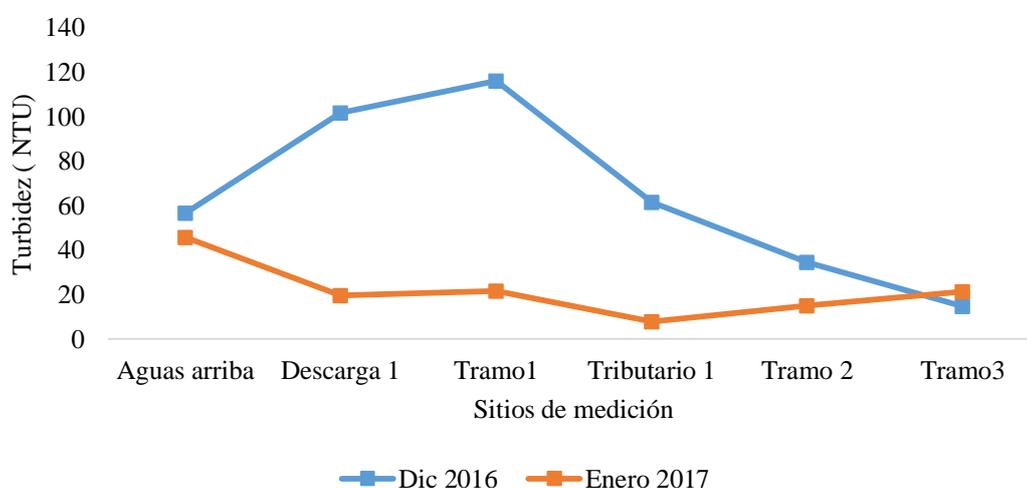
Tabla 7. Turbidez del agua en el estero Macache (Norte)

	Aguas arriba	Descarga 1	Tramo 1	Tributario 1	Tramo 2	Tramo 3
Dic 2016	112,90	203,00	231,80	122,80	68,70	29,41
Enero 2017	45,57	19,43	21,48	7,81	14,96	21,19

*Unidad de medida de la turbidez: Unidad nefelométrica de turbidez (NTU)
Elaborado: Autor

La turbidez en el agua del Estero Macache, segmento Norte para el mes de diciembre del 2016 presenta valores altos desde la descarga 1 con una turbidez de 203,00 NTU y alcanza el mayor valor en el tramo 1 con 231,80 NTU de turbidez aguas abajo hasta llegar al tramo 3 se presenta un notorio descenso en los valores llegando así al tramo 3 con 29,41 NTU, mientras que para el mes de enero del 2017 se dieron valores más bajos con un rango desde 45.57 NTU para aguas arriba y conforme avanza el cauce del estero este valor disminuye considerablemente en hasta llegar al último tramo con un valor de 21.19 NTU (Gráfico 7).

Gráfico 7. Turbidez del agua en el Estero Macache



Elaborado: Autor

4.3. Modelizar la calidad del agua en el segmento norte del estero Macache con el modelo de Streeter y Phelps.

4.3.1. Constantes cinéticas

4.3.1.1. Constante de desoxigenación

La (Tabla 8) presenta los valores calculados de la constante de desoxigenación a la temperatura del agua medida en los puntos de muestreo. El tramo 1 presento los valores más altos, en comparación a los tramos 2 y 3, la obtención de estos valores se justifica ya que en este tramo se da el aporte de la descarga 1 que son aguas residuales provenientes de la parroquia Venus del Río Quevedo, cabe recalcar que el efecto de la sedimentación de la materia orgánica es despreciable en el estero se asume que la constante de desoxigenación (K_d) es igual a la constante de remoción (K_r)

Tabla 8. Valores calculados de la constante de desoxigenación

Tramo	(kd^{-1})			
	10-dic-16	24-dic-16	8-ene-17	21-ene-17
1	1,14	1,19	1,06	0,57
2	0,47	8,44	0,41	0,40
3	0,79	0,92	0,65	0,52

Elaborado: Autor

4.3.1.2. Constante de reaireacion

Los valores de la constante de re-aireación, k_a (d^{-1}), calculados por fórmulas empíricas no se aproximaron al ajuste inicial del modelo por la variación en las condiciones hidromorfológicas. En la tabla 9 se observa que el valor más alto de la constante de reaireración corresponden al tramo 1 durante la época lluviosa, esto se justifica debido a la turbulencia presente en este sitio, donde la corriente es rápida y somera con un caudal inferior a los primeros dos segmentos. Durante la época lluviosa esta tendencia varia, y los valores de las constantes disminuyen debido al aumento de la profundidad del cauce.

Tabla 9. Valores calculados de la constante de reaireación

Tramo	ka (d ⁻¹)			
	10-dic-16	24-dic-16	8-ene-17	21-ene-17
1	15,46	7,68	30,17	1,40
2	0,69	0,95	0,34	1,00
3	5,54	3,01	4,53	3,70

Elaborado: Autor

4.3.1.3. Calibración de constantes k_a y k_r

Conforme a lo descrito en la metodología, la calibración tanto de la constante de reaireación como de la constante de remoción total de DBO se realizó aplicando el método GLUE, con 10000 simulaciones de Montecarlo y la minimización del valor del RMSE (desviación de la raíz cuadrada media) como función objetivo (Tabla 10).

Tabla 10. Resultados de la calibración paramétrica K_d y K_a

Constantes Cinéticas	Tramos	Fechas de Monitoreo			
		10-dic-16	24-dic-16	8-ene-17	21-ene-17
(kd ⁻¹)	1	0,03	1,20	8,64	9,99
	2	11,55	3,53	4,42	9,26
	3	0,00	5,27	2,70	0,29
ka (d ⁻¹)	1	17,83	7,34	12,87	29,61
	2	13,95	5,53	5,76	11.10
	3	3,69	3,12	4,18	0.04

Elaborado: Autor

4.3.2. Comportamiento del OD y DBO en la segunda semana del mes de diciembre del 2016

La Tabla 11 muestra los valores del caudal Q, temperatura del agua, oxígeno disuelto (OD) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO) última representativas de la cabecera del estero Macache segmento norte y de sus principales corrientes aportantes, tanto residuales como naturales, en el mes de enero. Tales medidas fueron utilizadas para el cálculo de las condiciones iniciales en cada uno de los tramos de la modelización.

Tabla 11. Características de los puntos de muestreo en la segunda semana de diciembre del 2016

Puntos de Muestreo	Q (m ³ /s)	T (°C)	OD (mg/l)	DBO última (mg/l)
Aguas arriba	12,03	23.5	4.6	5
Descarga 1	5,07	23.6	5.6	5
Tramol	30,94	22.3	6.7	5
Tributario 1	40,76	23.6	6.2	23
Tramo 2	354,88	22.7	3,1	4
Tramo3	473,12	22.1	4,9	4

Elaborado: Autor

Como requisito previo para la modelización de la calidad del agua del estero, se establecieron las condiciones iniciales de cada tramo mediante balances de masa, empleando para ello los caudales promedio tanto de la corriente como de las descargas puntuales, y las concentraciones medias representativas de OD y DBO. Así, tal como se indica en la Tabla 12.

Tabla 12. Condiciones iniciales en la segunda semana de diciembre del 2016

Tramo	T ₀	Lo (mg/l)	ODo (mg/l)	ODs (mg/l)	Do
1	23,53	5,00	4,89	8,50	3,61
2	23,58	17,63	6,32	8,48	2,16
3	23,58	3,95	3,07	8,48	5,43

*To = Temperatura inicial, Lo = DBO última, ODo = Oxígeno disuelto inicial,

*ODs = Oxígeno disuelto saturado y Do = Déficit de oxígeno

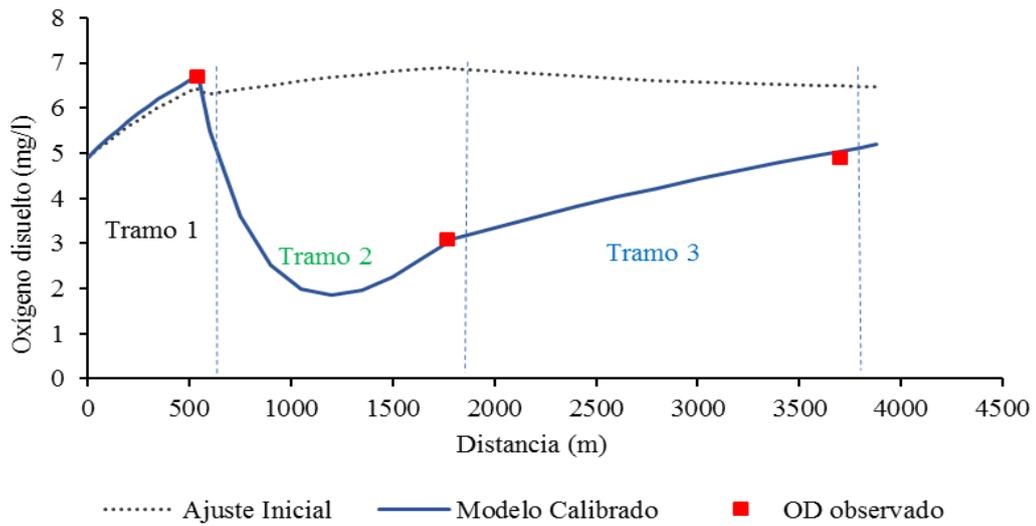
Fuente: Datos de la investigación y reportes de análisis de CESAQ-PUCE

Elaboración: Autor

Con los datos de las (Tablas 11 y 12), se aplicó el modelo de Streeter-Phelps, y se obtuvo el perfil de oxígeno disuelto en el mes de enero presentado en el Gráfico 8.

El perfil de oxígeno disuelto (OD) para esta fecha se caracteriza por iniciar con un nivel alto en el primer tramo con concentración de 6.7 mg/L, el cual esta combinado con la descarga 1 agua abajo en el tramo 2 los valores de oxígeno disuelto empiezan a descender a causa del tributario 1 llega a los 3,1 mg/L siguiendo el cauce el nivel de oxígeno vuelve a subir a causa de que se aleja de la descarga y el tributario hasta subir a un nivel de 4,9 mg/L (Grafico 8).

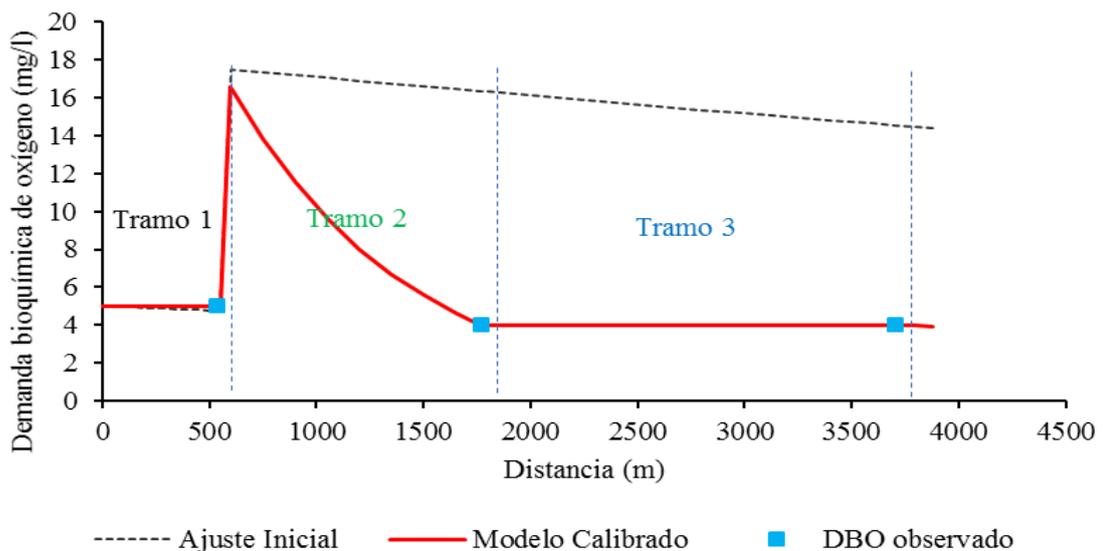
Gráfico 8. Perfil del OD en la segunda semana del mes de diciembre del 2016



Elaborado: Autor

El perfil de la DBO se muestra en el Gráfico 9 el cual posee valores muy bajos en este mes de diciembre del 2016 debido a los bajos caudales provocando al inicio que la DBO sea de 5 mg/L en el primer tramo continuando el cauce del estero esta descendiendo a 4 mg/L en el tramo 2 y se mantiene con el mismo valor para el último tramo.

Gráfico 9. Perfil de la DBO en la segunda semana de diciembre del 2016



Elaborado: Autor

El error relativo en la Tabla 13 del oxígeno disuelto (OD) y la demanda Bioquímica de oxígeno (DBO) demuestran que los tramos 1, 2 y 3 se encuentran dentro de un rango aceptable menor al 10% de calibración por tal el diseño de la modelización de la calidad del agua es óptimo.

Tabla 13. Error relativo para el OD y DBO en la segunda semana de diciembre del 2016

	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
Oxígeno Disuelto (OD)	0,06	2,19	3,01
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	0,13	0,20	1,28

Elaborado: Autor

4.3.3. Comportamiento del OD y la DBO en la cuarta semana del mes de diciembre del 2016

La Tabla 14 muestra los valores del caudal Q, temperatura del agua, oxígeno disuelto (OD) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO) última representativas de la cabecera del estero Macache segmento norte y de sus principales corrientes aportantes, tanto residuales como naturales en el mes de enero del año 2017. Tales medidas fueron utilizadas para el cálculo de las condiciones iniciales en cada uno de los tramos de la modelización.

Tabla 14. Características del punto de muestreo en la cuarta semana de diciembre del 2016

Puntos de muestreo	Q (L/s)	T (°C)	OD (mg/l)	DBO última (mg/l)
Aguas arriba	4,46	20	6,78	6
Descarga 1	2,5	21,2	7,48	12
Tramo1	16,68	19,5	7,4	7
Tributario 1	53,51	21,6	5,98	24
Tramo 2	192,18	21,7	3,09	7
Tramo3	25,47	21,2	4,06	1

Elaborado: Autor

Como requisito previo para la modelización de la calidad del agua del estero, se establecieron las condiciones iniciales de cada tramo mediante balances de masa, empleando para ello los caudales promedio tanto de la corriente como de las descargas puntuales, y las concentraciones medias representativas de OD y DBO. Así, tal como se indica en la Tabla 15.

Tabla 15. Condiciones iniciales en la cuarta semana de diciembre del 2016

Tramo	To	Lo (mg/l)	ODo (mg/l)	ODs (mg/l)	Do
1	20,35	7,76	6,99	9,03	2,04
2	21,23	18,94	6,39	8,88	2,48
3	21,23	6,93	3,20	8,88	5,82

*To = Temperatura inicial, Lo = DBO última, ODo = Oxígeno disuelto inicial,

*ODs = Oxígeno disuelto saturado y Do = Déficit de oxígeno

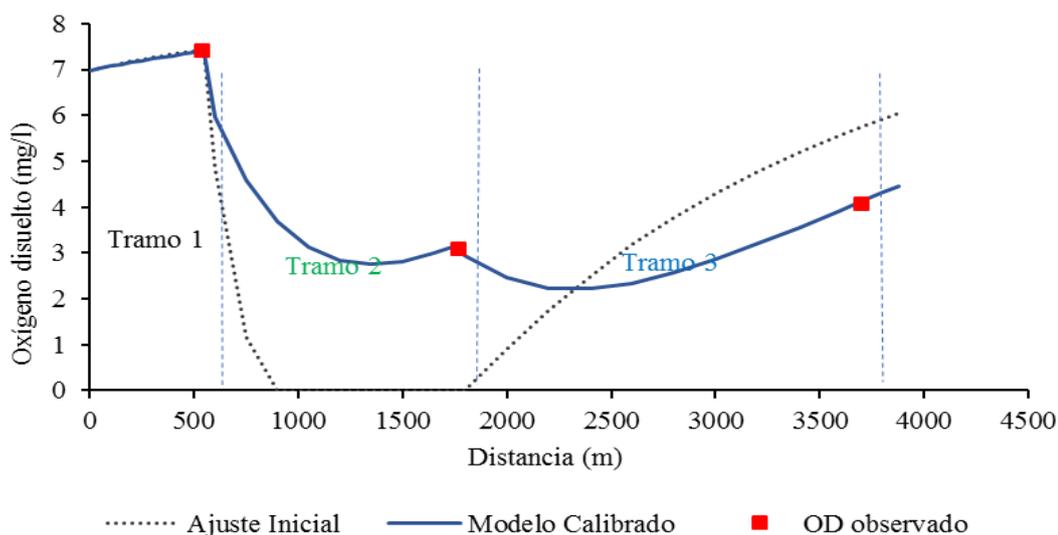
Fuente: Datos de la investigación y reportes de análisis de CESAQ-PUCE

Elaboración: Autor

Con los datos de la (Tabla 14 y 15), se aplicó el modelo de Streeter-Phelps, y se obtuvo el perfil de oxígeno disuelto en el mes de enero presentado en el Gráfico 10.

El perfil de oxígeno disuelto para el día 24 de diciembre del 2016 se caracteriza por iniciar con un nivel alto de concentración de 7.4 mg/L en el primer tramo el cual esta combinado con la descarga 1 aguas abajo en el tramo 2 los valores de oxígeno disuelto empiezan a descender a causa del tributario 1 llega a 3,09 mg/L siguiendo el cauce, el nivel de oxígeno vuelve aumentar a causa de la distancia de la descarga y el tributario 1 hasta incrementar al nivel de 4,06 mg/L (Grafico 10).

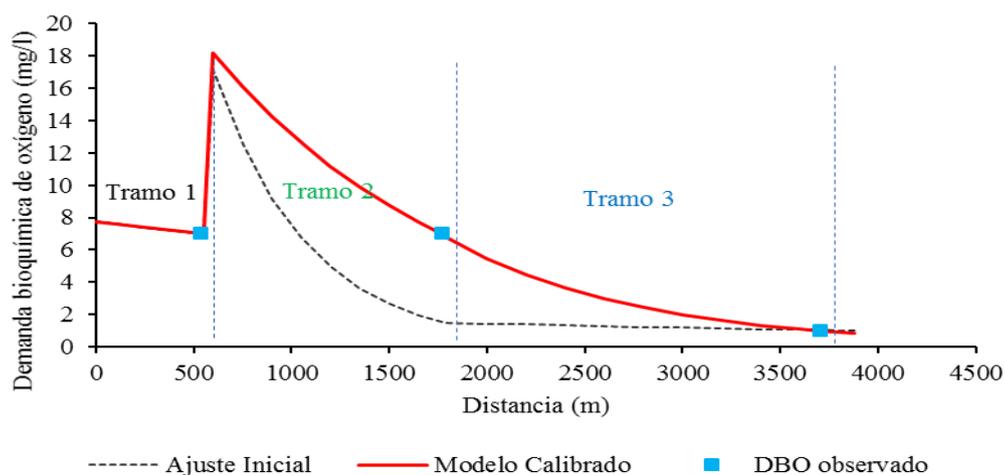
Gráfico 10. Perfil del OD en la cuarta semana de diciembre del 2016



Elaborado: Autor

El perfil de la DBO se muestra en el Gráfico 11 en él se detallan valores muy bajos en el mes de diciembre del 2016 por los bajos caudales presentes iniciando con una DBO de 7 mg/L en el primer tramo siguiendo el cauce del estero esta se mantiene con el mismo valor en el tramo 2 y desciende abruptamente en el último tramo, a causa de la distancia entre el segundo tramo y el primero.

Gráfico 11. Perfil de la DBO en la cuarta semana de diciembre del 2016



Elaborado: Autor

El error relativo (Tabla 16) del oxígeno disuelto (OD) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) demuestran que los tramos 1, 2 y 3 se encuentran dentro de un rango aceptable menor al 10% de calibración por tal el diseño de la modelización de la calidad del agua es óptimo.

Tabla 16. Error relativo para el OD y DBO en la tercera semana de diciembre del 2016

	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
Oxígeno Disuelto (OD)	0,12	2,92	1,65
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	0,05	0,05	2,95

Elaborado: Autor

4.3.4. Comportamiento del OD y DBO en la primera semana del mes de enero del 2017

La Tabla 17 muestra los valores del caudal Q, temperatura del agua, oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno última representativa de la cabecera del estero Macache

segmento norte y de sus principales corrientes aportantes, tanto residuales como naturales, en el mes de enero del 2017. Tales medidas fueron utilizadas para el cálculo de las condiciones iniciales en cada uno de los tramos de la modelización.

Tabla 17. Características de los puntos de muestreo en la primera semana de enero del 2017

Puntos de Monitoreo	Q (L/s)	T (°C)	OD (mg/l)	DBO última (mg/l)
Aguas arriba	94,3	23,5	4,2	4
Descarga 1	50,3	23,6	3,5	6
Tramo1	79,17	22,8	4,3	4
Tributario 1	66,24	23,4	3,0	14
Tramo 2	416,6	22,9	3,3	5
Tramo3	412,56	22,3	3,8	4

Elaborado: Autor

Como requisito previo para la modelización de la calidad del agua del estero, se establecieron las condiciones iniciales de cada tramo mediante balances de masa, empleando para ello los caudales promedio tanto de la corriente como de las descargas puntuales, y las concentraciones medias representativas de OD y DBO. Así, tal como se indica en la Tabla 18.

Tabla 18. Condiciones iniciales en la primera semana del mes de enero del 2017

Tramo	To	Lo (mg/l)	ODo (mg/l)	ODs (mg/l)	Do
1	23,53	4,59	3,99	8,50	4,51
2	23,58	11,03	3,38	8,48	5,10
3	23,58	5,02	3,16	8,48	5,34

*To = Temperatura inicial, Lo = DBO última, ODo = Oxígeno disuelto inicial,

*ODs = Oxígeno disuelto saturado y Do = Déficit de oxígeno

Fuente: Datos de la investigación y reportes de análisis de CESAQ-PUCE

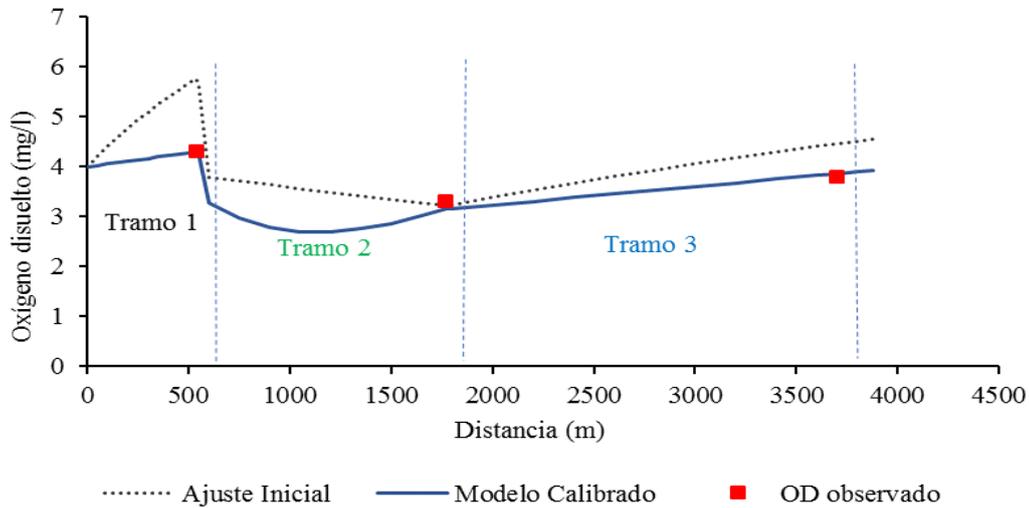
Elaboración: Autor

Con los datos de las (Tablas 17 y 18), se aplicó el modelo de Streeter-Phelps, y se obtuvo el perfil de oxígeno disuelto en el mes de enero presentado en el Gráfico 12.

El perfil de oxígeno disuelto para la fecha 08 de enero del 2017 se caracteriza por iniciar con un nivel alto en el primer tramo con concentración de 4.3 mg/L el cual esta combinado con la descarga 1 agua abajo en el tramo 2 los valores de oxígeno disuelto empiezan a descender a causa del tributario 1 llega a los 3,3 mg/L siguiendo el cauce el nivel de

oxígeno vuelve a subir a causa de que se aleja de la descarga y el tributario hasta subir a un nivel de 3.8 mg/L (Grafico 12).

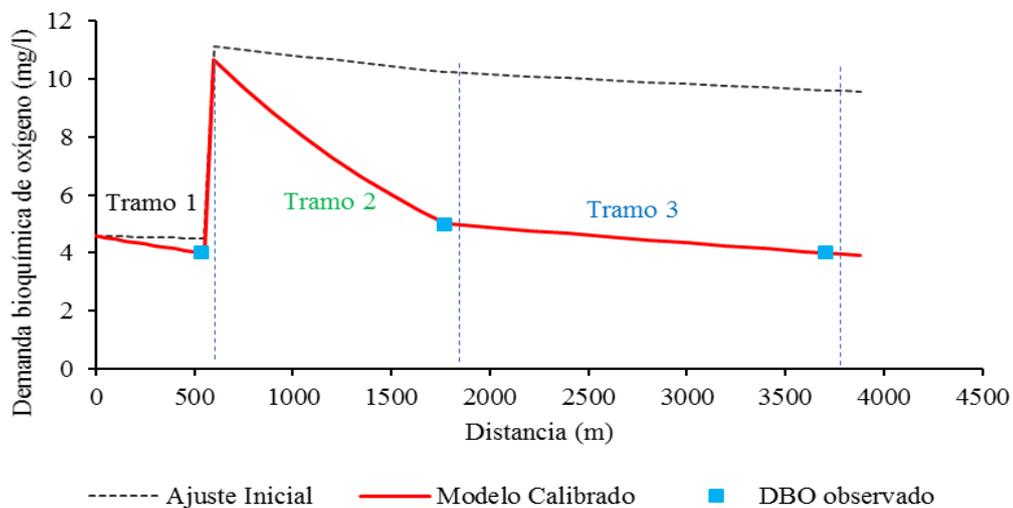
Gráfico 12. Perfil del OD en la primera semana del mes de enero del 2017



Elaborado: Autor

El perfil de la DBO se muestra en el Gráfico 13 el cual da valores muy bajos en el mes de enero del 2017, por el aumento de caudal hasta 2183,21 L/seg iniciando con una DBO de 4 mg/L en el primer tramo siguiendo el cauce del estero esta aumenta a 5 mg/l, en el tramo 2 vuelve a descender con un valor de 4 mg/l, para el último tramo las condiciones climáticas del mes de enero y la distancia del tramo 1 al último tramo, favorece a la disolución de las concentraciones debido al aumento de precipitaciones.

Gráfico 13. Perfil del DBO en la primera semana del mes de enero del 2017



Elaborado: Autor

El error relativo del oxígeno disuelto (OD) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) demuestran que los tramos 1, 2 y 3 se encuentran dentro de un rango aceptable menor al 10% de calibración por tal el diseño de la modelización de la calidad del agua es óptimo (Tabla 19).

Tabla 19. Error relativo para el OD y DBO en la primera semana de enero del 2017

	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
Oxígeno Disuelto (OD)	0,04	4,68	1,55
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	0,07	1,09	0,22

Elaborado: Autor

4.3.5. Comportamiento del OD y DBO en la tercera semana del mes de enero del 2017

La Tabla 20 muestra los valores del caudal Q, temperatura del agua, oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno últimas representativas de la cabecera del estero Macache segmento norte y de sus principales corrientes aportantes, tanto residuales como naturales, en el mes de enero del año 2017. Tales medidas fueron utilizadas para el cálculo de las condiciones iniciales en cada uno de los tramos de la modelización.

Tabla 20. Características del punto de muestreo en la tercera semana de enero del 2017

Puntos de monitoreo	Q (L/s)	T (°C)	OD (mg/l)	DBO última (mg/l)
<i>Aguas arriba</i>	899,93	21,1	4,0	5
<i>Descarga 1</i>	717,5	24,6	6,0	5
<i>Tramo1</i>	1071,92	22,0	4,0	5
<i>Tributario 1</i>	325,24	19,8	14,0	23
<i>Tramo 2</i>	1524,33	20,0	5,0	4
<i>Tramo3</i>	3953,86	18,6	4,0	5

Elaborado: Autor

Como requisito previo para la modelización de la calidad del agua del estero, se establecieron las condiciones iniciales de cada tramo mediante balances de masa, empleando para ello los caudales promedio tanto de la corriente como de las descargas puntuales, y las concentraciones medias representativas de OD y DBO. Así, tal como se indica en la Tabla 21.

Tabla 21. Condiciones iniciales en la tercera semana de enero del 2017

Tramo	To	Lo (mg/l)	ODo (mg/l)	ODs (mg/l)	Do
1	22,12	3,29	6,05	8,73	2,67
2	22,12	6,05	5,98	8,73	3,29
3	20,49	5,98	6,04	9,00	5,12

*To = Temperatura inicial, Lo = DBO última, ODo = Oxígeno disuelto inicial,

*ODs = Oxígeno disuelto saturado y Do = Déficit de oxígeno

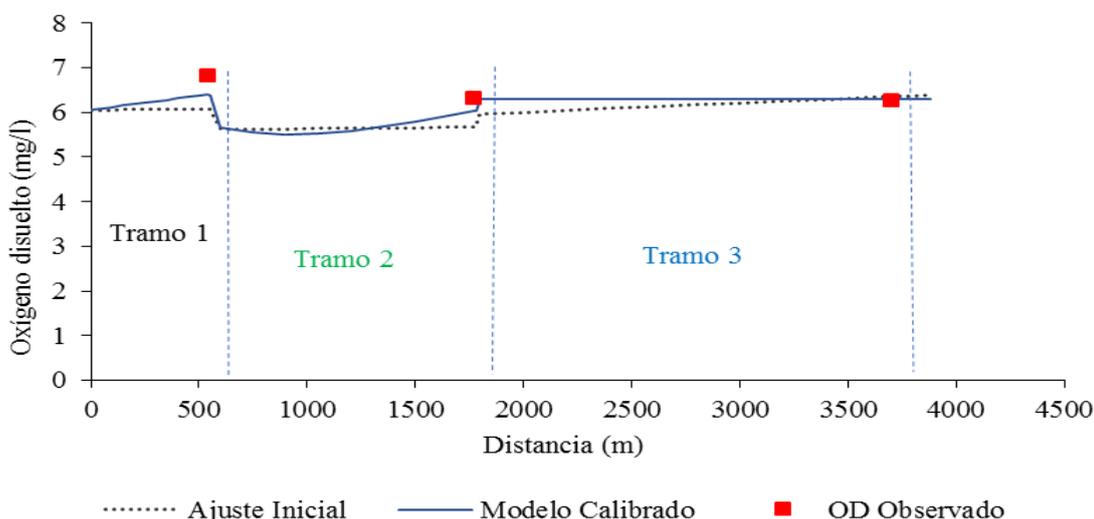
Fuente: Datos de la investigación y reportes de análisis de CESAQ-PUCE

Elaboración: Autor

Con los datos de las (Tablas 20 y 21), se aplicó el modelo de Streeter-Phelps, y se obtuvo el perfil de oxígeno disuelto en el mes de enero presentado en el Gráfico 14.

El perfil de oxígeno disuelto para esta fecha se caracteriza por iniciar con un nivel alto en el primer tramo con una concentración de 6.83 mg/L el cual esta combinado con la descarga 1 agua abajo en el tramo 2 los valores de oxígeno disuelto empiezan a descender a causa del tributario 1 llega a los 6.32 mg/L siguiendo el cauce el nivel de oxígeno vuelve a subir a causa de que se aleja de la descarga y el tributario hasta descender a un nivel de 6.27 mg/L (Grafico 14).

Gráfico 14. Perfil del OD en la tercera semana del mes de enero del 2017

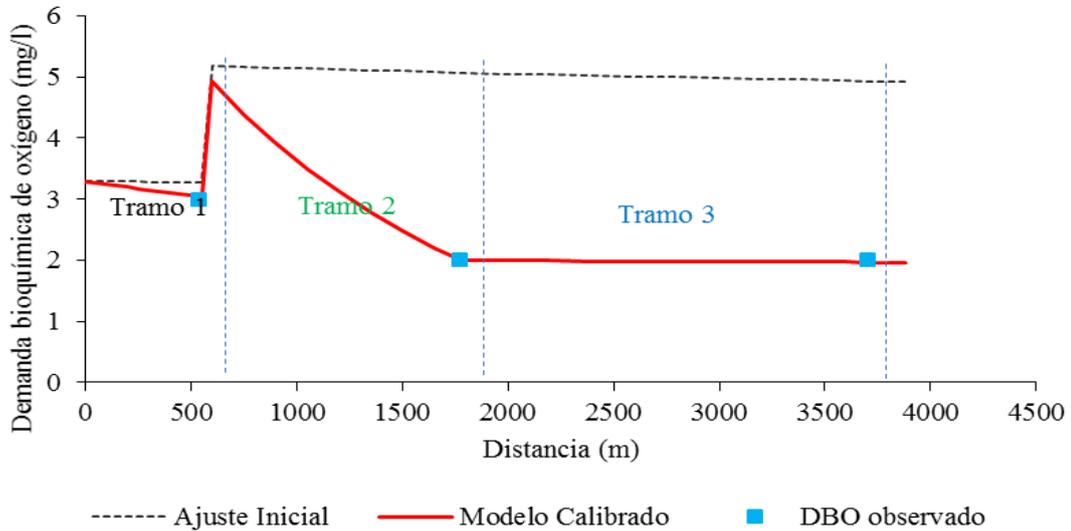


Elaborado: Autor

El perfil de la DBO se muestra en el Gráfico 15 el cual se da en valores muy bajos en este mes debido al aumento de caudal característico de la estación lluviosa del Ecuador, el cual la DBO inicia con concentración de 3 mg/L en el primer tramo siguiendo el cauce del

estero esta descende a 2 mg/L en el tramo 2 y se mantiene con el mismo valor para el último tramo.

Gráfico 15. Perfil del DBO en la tercera semana del mes de enero del 2017



Elaborado: Autor

El error relativo del oxígeno disuelto (OD) y la demanda Bioquímica de oxígeno (DBO) demuestran que los tramos 1, 2 y 3 se encuentran dentro de un rango aceptable menor al 10% de calibración por tal el diseño de la modelización de la calidad del agua es óptimo (Tabla 22).

Tabla 22. Error relativo para el OD y DBO en la tercera semana de enero del 2017

	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
Oxígeno Disuelto (OD)	6,40	4,68	0,28
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	1,39	0,78	1,59

Elaborado: Autor

4.4. Discusión de resultados

En el estero Macache (Norte) el caudal presentó diferencias en el mes de diciembre del 2016 con menor flujo de agua en la parte bajo del estero (Tramo 3) con 249,30 L/s, que en el mes de Enero del 2017 con 2183,21 L/s (tramo 3) en este punto de muestreo el agua se ha alimentado de la descarga de aguas residuales y un tributario, por lo tanto en la investigación de Cocha, J. del año 2009, destaca que las estaciones ubicadas en las zonas alta, media y baja, incrementan respectivamente por los aportes de los tributarios que están a lo largo de la subcuenca, situación que ocurre en el estero Macache segmento Norte este es alimentado por los tributarios y las descargas de aguas residuales; por tanto el caudal promedio más alto en el río Yanuncay encontrado fue en la estación YAN 1 con 12,8 m³/s (zona baja) y el caudal más bajo se presentó en la estación YAN 5 con 0,21 m³/s (zona alta) (37).

El promedio del oxígeno disuelto (OD) en el río Yanuncay es de 15,33 mg/l y el más bajo de 7 mg/l ubicado en la estación YAN 1 (zona baja), esto puede deberse a los diferentes aportes difusos como la ganadería y descargas de aguas residuales no interceptada dentro de la subcuenca que afecta la calidad del agua según Cocha, J. del año 2009. Para el Estero Macache (Norte) en el monitoreo del oxígeno disuelto presenta diferencias en cada tramo de medición de los parámetros para el mes de diciembre del 2016 el OD en aguas arriba es mayor que la parte baja (Tramo 3) situación igual para el mes de enero del 2017, esto se debe a las aguas residuales y los afluentes de agua que se integran al estero (37), así también la disminución de oxígeno se debe a la presencia de organismo en el medio (38) como sucede en el tramo 3 del estero Macache.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) indica la presencia y biodegradabilidad del material orgánico, sirve en la caracterización de las aguas no potables (39), en el Estero Macache segmento Norte presenta concentraciones de DBO altas en el mes de Diciembre del 2016 debido al caudal bajo que no sobrepasa el valor de 273,53L/s (Tramo 2) con respecto al mes de Enero del 2017 donde los valores de DBO disminuyen por el aumento del caudal hasta 2183,21L/s (Tramo 3) fenómeno que sucede por el inicio de la época lluviosa; las concentración de DBO más altas se reportan en el tributario 1 compuesto por aguas naturales y residuales con 10 y 15mg/l para cada mes, el alto contenido orgánico

beneficia el crecimiento de bacterias y hongos según Raffo y Ruiz, 2014 (20), en la investigación de Rivera J, año 2011 sobre la evaluación de la materia orgánica en el río frío el caudal inicial es de $0,43 \text{ m}^3/\text{seg}$ aumentando a $2,7 \text{ m}^3/\text{seg}$, esto permite un aumento en el balance hidráulico de $1,63 \text{ m}^3/\text{seg}$ debido a los afluentes contaminantes domésticos (40).

Los análisis fisicoquímicos del Estero Macache, segmento Norte demuestran que los valores de potencial de hidrogeno (pH) van de 6,60 a 7,10 se encuentran dentro del límite permisible 6,5 a 9,0 para el criterio de calidad en la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas en el Anexo 1 del acuerdo ministerial 097 (41), según Mite, R. del año 2016 indica que la solubilidad en el agua depende de la temperatura, a mayor temperatura menos oxígeno y se disuelve (42), la temperatura para el Estero fue menor desde aguas arriba con $21,75 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta el tramo 1 con $20,90^\circ\text{C}$ para Diciembre del 2016 mientras que el mes de enero del 2017 es de $22,29^\circ\text{C}$ y $22,40^\circ\text{C}$. A partir del Tributario 1 las temperaturas fueron más altas en diciembre con 1°C de diferencia que el mes de Enero del año 2017.

La estimación de los parámetros fisicoquímicos del Estero Macache (Norte) se determinó además la conductividad eléctrica y la turbidez, el agua pura tiene muy poca conductividad, por lo que la medida de la conductividad de un agua nos da una idea de los sólidos disueltos en la misma (43) que se relacionan con la turbidez del agua, los valores de conductividad son mayores en el mes de diciembre con 294,00 a $650 \mu\text{S}/\text{cm}$ que el mes de enero del año 2017 desde aguas arriba hasta el tramo 3 de valores 243,00 a $316,00 \mu\text{S}/\text{cm}$. La turbidez es una medida de las propiedades de transmisión de la luz hacia el agua (43), por tal fue mayor en el mes de Diciembre del 2016 que el mes de Enero del 2017 donde la turbidez bajo desde aguas arriba con 45,57 NTU hasta el tramo 3 con 21,19 NTU dicho suceso se debe al aumento de precipitaciones en Quevedo por la estación de invierno.

Las constantes cinéticas calculadas en el procedimiento del modelo Streeter y Phelps es la constante de desoxigenación (K_D) que significa la velocidad de oxidación bioquímica de la materia orgánica (1/día) en condiciones aerobias (23) por lo que en el Estero Macache los tramos 1,2, y 3 en las fechas de muestreo (10, 24 dic del 2016 y 8, 21 enero del 2017)

demuestra mayor desoxigenación el día 24 de diciembre del 2016 destacándose en el tramo 2 el valor más alto registrado para fechas de muestreo de $8,44 \text{ (kd}^{-1}\text{)}$; y, la constante de reareación según Suárez y Añón (2009) indica como el oxígeno y demás componentes gaseosos del aire son renovados en la columna de agua, debido al movimiento del río (17) por tal muestra valores altos el 10 -dic del 2016 con $15,46 \text{ ka (d}^{-1}\text{)}$ y el 08-ene del 2017 con $30,17 \text{ ka (d}^{-1}\text{)}$. La calibración de estos valores para las constantes k_a y k_r muestra valores altos.

La modelización de la calidad del agua por medio del modelo matemático Streep y Phels para las concentraciones de oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno demuestran que las concentraciones varían para el mes de Diciembre del 2016: a) En la primera semana la DBO inicia en 5 mg/L y el OD en $6,5 \text{ mg/L}$ para el tramo 1, para el tramo 2 el OD desciende a 3 mg/L en los 1.750 metros de distancia y aumenta a 5 mg/L en el tramo 3, mientras que la DBO a partir del tramo 2 se conserva la concentración por debajo de 5 mg/L . b) En la tercera semana la concentración de DBO se conserva por debajo de los 8 mg/L en el tramo 1 y a partir del tramo 2 al 3; el oxígeno disuelto inicia con elevadas concentración cercanas a 8 mg/L desciende hasta el tramo 2 con 3 mg/L y vuelve aumentar para el tramo 3 con 4 mg/L ; por lo que las concentraciones medidas no superan los límites máximos permisibles de 20 mg/l en la DBO_5 y no menor a $5,0 \text{ mg/L}$ de oxígeno disuelto determinados en el anexo 1, tabla 13 de criterios de calidad de aguas para la preservación de flora y fauna en aguas dulces cálidas (Tulsma, 2016) (41).

La aplicación de la modelización de la calidad del agua a través del empleo del modelo matemático Streep y Phels para las concentraciones de oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno demuestran que las concentraciones son diferentes para el mes de Enero del 2017: a) En la primera semana la DBO inicia en 4 mg/L y el OD en $4,4 \text{ mg/L}$ para el tramo 1, para el tramo 2 el OD desciende a $3,3 \text{ mg/L}$ en los 1.750 metros de distancia y aumenta a $3,8 \text{ mg/L}$ en el tramo 3, mientras que la DBO aumenta en el tramo 2 con 5 mg/L y desciende en el tramo 3 hasta 4 mg/L . b) En la tercera semana la concentración de DBO inicia por debajo de 3 mg/L en el tramo 1 y a partir del tramo 2 al 3 se conserva en 2 mg/L ; el oxígeno disuelto inicia con elevadas concentración cercanas a 7 mg/L y se mantiene hasta concentraciones de 6 mg/L hasta el tramo 2 y 3, en la investigación de Perigó E, Ramírez O, Montalvo J, Suárez G, Niévares A, año 2005 las

concentración del OD en más del 90% de las mediciones estuvo por debajo de la concentración de saturación, mostrando concentraciones menores a 2,00 mg/L y en las estaciones cercanas a los vertimientos de residuales se presentaron condiciones anóxicas (muerte masiva de organismos aerobios) y la DBO alcanzó concentraciones superiores a las normas de calidad para ecosistemas costeros de importancia pesquera y uso recreativo (44).

La modelización de la calidad del agua demuestra los niveles de concentración de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y oxígeno disuelto (OD) como varían a través de la distancia de 4.500 metros de estudio en el Estero Macache: *a)* En el mes de diciembre del 2016 para la primera y tercera semana las concentraciones de DBO inician de 5mg/L a 8mg/L a una distancia de 500 metros; y, a partir de los 1.750 metros (Tramo 2) desciende de 5 a 0 mg/litros conservándose hasta los 3.750 metros (Tramo 3) y el oxígeno disuelto presenta iguales características en estas semanas, comenzando con concentraciones altas de 6,7 mg/L OD en el tramo 1 y a partir del tramo 2 las concentraciones aumentan desde 3,1mg/L hasta 5mg/L en el tramo 3. *b)* En el mes de enero del 2017 la DBO para la primera y tercera semana inicia con concentraciones de 2,8 mg/L a 4mg/L en el tramo 1, y en el tramo 2 la primera semana aumenta a 5mg/L descendiendo hasta 4,5 mg/L para el tramo 3, mientras que la tercera semana se mantiene la concentración de 2mg/L para el tramo 3 y el oxígeno disuelto (OD) presenta iguales características, inicia con alta concentración entre 4 a 7mg/L en el tramo 1, a partir de la distancia de 500 metros disminuye entre 6 a 4mg/L, en el tramo 3 los valores de OD son distintos, en la primera semana de enero es de 3,5 mg/L y en la tercera semana se mantiene en 6mg/L, por lo que las concentraciones medidas no superan los límites máximos permisibles en el anexo 1 (Tulsma, 2016) de 20mg/l en la DBO₅ y no menor a 5,0 mg/L de oxígeno disuelto (41).

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La velocidad y la profundidad son las características hidro-morfológicas del estero Macache segmento norte que influyen en el nivel de caudal para cada punto de muestreo en el mes de diciembre del 2016 desde aguas arriba hasta el tramo 3 el caudal acumulado es 249,30 L/s menor que el mes de enero del 2017 con 2183,21 L/s de caudal, el cual aumento por las precipitaciones características del inicio de la época lluviosa en el Ecuador así también la velocidad y profundidad fue mayor en el trayecto de 4.500 metros de área de estudio.

Las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos muestran variación con el aumento del caudal, los parámetros de potencial de hidrogeno (pH) van de 6,60 a 7,10 dentro del límite permisible de 6,5 a 9,0 para la calidad de aguas naturales del anexo 1 del acuerdo ministerial 097; los valores de temperatura °C son menores en el mes de diciembre del 2016; para el mes de enero del 2017 son mayores las concentraciones de conductividad eléctrica $\mu s/cm$ y turbidez (NTU) desde aguas arriba hasta el tramo 3, excepto las concentraciones de oxígeno disuelto (OD) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO) que son mayores en el mes de diciembre por el poco caudal registrado debido a la escases de precipitaciones de la estación de verano finalizada para dar inicio a la época lluviosa en el Ecuador.

Los valores de oxígeno disuelto (OD) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO) usados en la modelización de la calidad del agua reflejan que en el mes de diciembre la DBO es de 5,0 a 18,0 mg/L y el OD entre 2,0 a 8,0 mg/L no presenta mayores variaciones mientras que el mes de Enero oscilaron sus valores de DBO y OD para la primera semana de enero la DBO posee valores de 4,0 a 11,0 mg/L y el OD en menores concentraciones entre 2,5 a 4,0 mg/L, hacia la tercera semana las concentraciones de DBO son menores entre 2,0 a 5,0 mg/L y el OD es mayor entre 7,0 a 6,0 mg/L como resultados el proceso de autodepuración es bajo por las disminuciones de las concentraciones del oxígeno disuelto en ciertas áreas del curso de agua provocando condiciones anóxicas (muerte de la biota) en el estero.

5.2. Recomendaciones

Los Gobiernos Autónomos Descentralizados deben aplicar en conjunto con institución de educación superior estudios en lo referente a la modelización de la calidad del agua de los recursos hídricos superficiales contaminados en la ciudad de Quevedo ya que es de gran utilidad los modelos matemáticos a nivel de planeación del saneamiento ambiental de afluentes de agua, ya que permiten respaldar el diseño de medidas estructurales y no estructurales requeridas para alcanzar estándares de calidad de agua bajo diferentes niveles de contaminación y/o tratamiento.

Los Municipios deben ejecutar medidas destinadas a la conservación de los recursos hídricos ya que los cauces de agua en el cantón Quevedo se afectan por la descargas de aguas residuales directamente al afluente, por tal razón se debe construir el sistema alcantarillado que cubra las parroquias urbanas y rurales en conjunto con una planta de tratamiento de aguas residuales para evitar la contaminación a los ríos.

Los GAD Municipales debe ejecutar alianzas con Dirección Provinciales del Medio Ambiente, Secretaria del Agua y la Agencia de Regulación y Control del Agua para que efectúen campañas de educación ambiental dirigidas a las comunidades de las parroquias urbanas y rurales que se encuentran asentadas en las riberas de los cauces de agua, así mismo mantener activos los planes de limpieza y rehabilitación de esteros para evitar la degradación del recurso hídrico.

CAPITULO VI
BIBLIOGRAFÍA

5.3. Bibliografía

1. Kazi TG, Arain MB, Jamali MK, Jalbani N, Afridi HI, Sarfraz RA, et al. Assessment of water quality of polluted lake using multivariate statistical techniques: A case study. *Ecotoxicol Environ Saf* [Internet]. 2009 Feb [cited 2017 Mar 11];72(2):301–9.
2. Zeng X, Rasmussen TC. Multivariate Statistical Characterization of Water Quality in Lake Lanier, Georgia, USA. *J Environ Qual* [Internet]. 2005 [cited 2017 Mar 11];34(6):1980.
3. Lermontov A, Yokoyama L, Lermontov M, Soares Machado MA. A Fuzzy Water Quality Index for Watershed Quality Analysis and Management. In: *Environmental Management in Practice* [Internet]. InTech; 2011 [cited 2017 Mar 11].
4. Liu W-C, Yu H-L, Chung C-E. Assessment of water quality in a subtropical alpine lake using multivariate statistical techniques and geostatistical mapping: a case study. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2011 Apr [cited 2017 Mar 11];8(4):1126–40.
5. Córdoba MA, Fernanda V, Coco D, Basualdo JA, Para Correspondencia A, María D, et al. Agua y salud humana. *Rev Química Viva -Número* [Internet]. 2010 [cited 2017 Mar 11];3(9).
6. Vara Gornes A. Mala distribución del agua en Ecuador. [Internet].
7. Valcárcel Rojas L, Borroto Portela J, Alberro Macías N, Griffith Martínez J, Derivet Zarzabal M, Flores Juan P, et al. Modelación de la calidad del agua en el segmento medio del río Luyanó. *Nucleus*. 2010;(47):16–23.
8. Calidad del agua superficial | MARN [Internet].
9. López Silva JV. Las Aguas Residuales domésticas del Barrio El Recreo y su incidencia en la calidad del agua del Río Pindo Grande de la ciudad de Puyo, Provincia de Pastaza. Universidad Técnica de Ambato; 2015.
10. Marini MF, Piccolo MC. Hidrogeomorfología de la cuenca del Río Quequén Salado, Argentina. *Investig Geogr*. 2005;37:59–71.
11. What is Surface Water? [Internet].

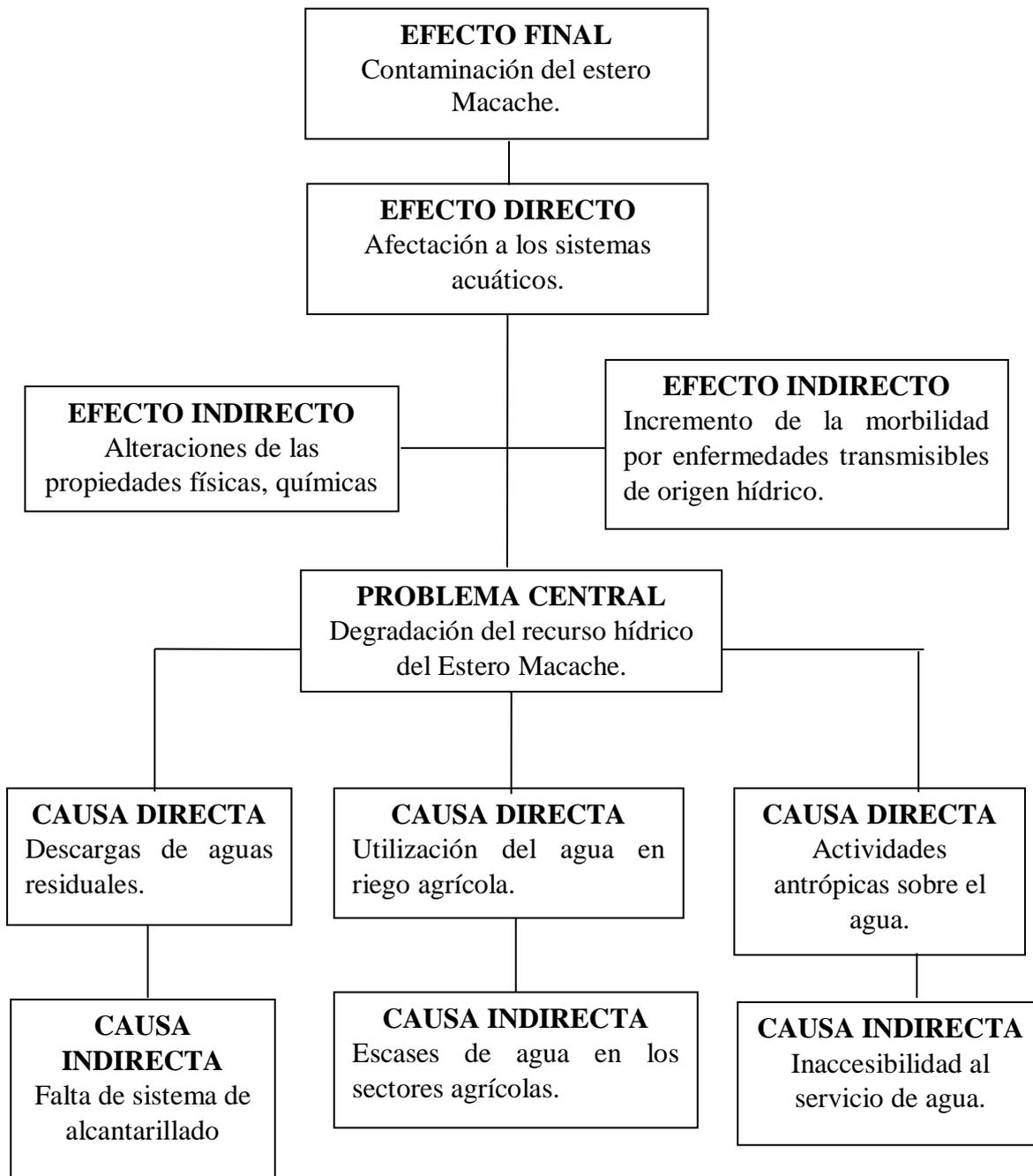
12. SENAGUA, CEPAL. Diagnóstico de las estadísticas del agua en Ecuador [Internet]. Ecuador; 2012.
13. Water pollution: An introduction to causes, effects, solutions [Internet].
14. Farias HD. Geometría hidráulica de ríos de llanura. Enfoques analíticos considerando la influencia de las márgenes. Segundo Simp Reg sobre Hidráulica Ríos [Internet]. 2005;2–4.
15. Guevara Vera A. Control de calidad del agua Métodos de análisis para la evaluación de la calidad del agua. Lima; 1996. p. 47.
16. Rodriguez JA. Introducción a la Termodinámica con algunas aplicaciones de ingeniería. Universida. Mexico; 794 p.
17. Suárez J, Fernández Añón N. Calidad de Aguas en ríos autodepuración. 2009;1–19.
18. Rueda Valdivia FJ. Autodepuración y Vertidos en cursos fluviales [Internet]. Universida. [cited 2017 Mar 11]. 18 p.
19. Ramalho. Introduction to Wastewater Treatment Processes (Second Edition) [Internet].
20. Raffo Lecca E, Ruiz Lizama E. Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. Rev la Fac Ing Ind [Internet]. 2014;17:11.
21. Chapra SC. Surface water-quality modeling. 1997. 844 p.
22. Moraes Sale R, Firmo de Araújo JA, Santos SH. Aplicação das Equações de Streeter-Phelps em rios que recebem fontes de poluentes pontuais e dufusas, para avaliar o comportamento das concentrações de oxigênio Dissolvido. Periódico Eletrônico Fórum Ambient da Alta Paul [Internet]. 2014 Nov 10 [cited 2017 Mar 11];10(12).
23. Liberal V, Cuevas C, Trupiano A, Bouhid E. Determinación de constantes cinéticas en Lagunas de estabilización de Salta [Internet]. Buenos Aires; p. 1–11.
24. Insituto Nacional de Ecologia. Metodología para determinar las constantes de desoxigenación (kd), remoción de DBO (Kr), y reoxigenación (k2) en una corriente. 1977. 288 p.

25. Camacho L, Diaz Granados M. Metodología para la obtención de un modelo predictivo de transporte de solutos y de calidad del agua en ríos - caso Río Bogota. Semin Int La Hidroinformática en la Gestión Integr los Recur Hídricos. 2003;79.
26. Corredor Rivera JL, Peñaranda Vélez VM. Identifying parameters of a curve model number and monthly uncertainty at Bogota upper basin. Cienc e Ing Neogranadna [Internet]. 2012.
27. Pazmiño Rodriguez JC. Modelización de la incidencia del oxígeno disuelto y la demanda bioquímica de oxígeno en la calidad del agua del estero Atascoso, cantón Quevedo. Universidad Estatal de Guayaquil; 2015.
28. Sierra Ramirez CA. Calidad del agua, Evaluación y diagnóstico. 2011. 149-165 p.
29. Ritter A, Muñoz Carpena R, Regalado CM. Capacidad de predicción de modelos aplicados a la ZNS: herramienta informática para la adecuada evaluación de la bondad de ajuste con significación estadística. Estud en la Zo no saturada del suelo [Internet]. 2009;X:259–64.
30. Castillo J. Modelos de Calidad de Aguas. Chile; 2007.
31. Casanova Montelongo R, Gordillo Martínez AJ, Otazo Sánchez EM, Villagómez Ibarra JR, Acevedo Sandoval OA, Prieto Garcia F. Modeling of the quality of water of river tula, State of Hidalgo, Mexico. Dyna [Internet]. 2008;154:5–18.
32. González López R, Ramírez León H. Modelación numérica de la hidrodinámica, del oxígeno disuelto y la demanda bioquímica de oxígeno en sistemas con vegetación. Hidrobiológica. 2011;21(2):147–58.
33. Montalvo JF, Garcia I, Loza S, Esponda SC, César M, González De Zaya R, et al. Oxígeno disuelto y materia orgánica en cuerpos de aguas interiores del Archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba. Ser Ocean, 2008.
34. Heyer L, Ramos O, De la Garza F, Rivera P, Castro B. Calidad del Agua y Salud Publica en la zona centro de Tamaulipas. Ciencias UAT. 2008;2:46–9.
35. Vargas A, Monroy JC. Estudio del comportamiento de modelos hidrológicos bajo un análisis de sensibilidad e incertidumbre. Ing Recur Nat y del Ambient [Internet].

- 2011;(10):65–77.
36. Rivera Gutiérrez JV. Evaluation of the kinetics of oxidation and removal of organic matter in the self-purification of a mountain river. DYNA [Internet]. 2015 Jun 22 ;82(191):183–93.
 37. Cocha Pallo J. Estado actual de la calidad fisico-química, bacteriológica y biológica del agua de la subcuenca del Río Yanuncay en dos estaciones climáticas (invierno y verano) del cantón Cuenca, Provincia del Azuay - Ecuador.) [Internet]. Universidad del Azuay; 2009.
 38. Sierra Plazas J. Determinación experimental de la curva de la DBO y el valor de las constantes K y Lo en una muestra de agua contaminada del río Bogotá. Cienc e Ing Neogranadina [Internet]. 2001;(11):89–93.
 39. Snoeyink VL, Jenkins D. Caracterización de las Aguas Residuales. Ing Trat Aguas Residuales [Internet]. 2008;1–7.
 40. Rivera Gutierrez JV. Evaluación de la materia orgánica en el río frío soportada en el qual2k versión 2.07. Unidades Tecnológicas Santander - UTS. 2011;169:131–9.
 41. Ministerio del Ambiente. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua. Reforma al Libro VI Calidad Ambiental Acuerdo 097 [Internet]. 2016.
 42. Baque Mire R, Simba Ochoa L, Gonzalez Ozorio B, Suatunce P, Diaz Ocampo E, Cadme Arevalo L. Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador. Cienc Unemi [Internet]. 2016;9(20):109–17.
 43. Espinoza V, Castillo R, Rovira D, Chiriquí D. Parámetros físico-químicos y microbiológicos como indicadores de la calidad de las aguas de la subcuenca baja del Río David, Provincia de [Internet]. Universidad Tecnológica Oteima; 2014.
 44. Perigó Arnaud E, Ramírez Stout O, Montalvo Estévez JF, Suárez Álvarez G, Niévares Pérez A. Presiones Antropogénicas Relacionadas con el Comportamiento, Hidrodinámica, Flujos e Intercambios de Compuestos Biogénicos en el Estuario del Río las Casas. Isla de la Juventud, Cuba. Rev CENIC Ciencias Biológicas. 2005;36.

CAPITULO VII
ANEXOS

Anexo 1. Árbol de problemas



Anexo 2. Diseño del Estero Macache segmento Norte

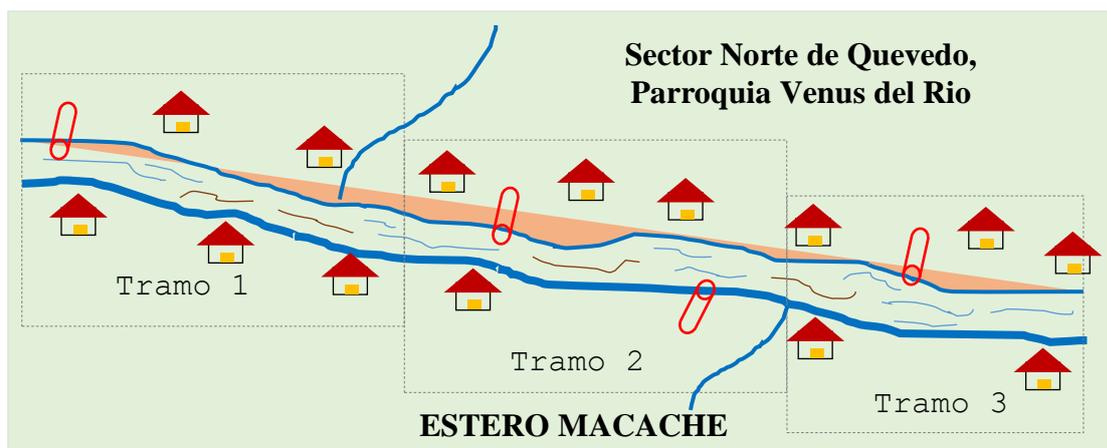


Figura 4. Segmento norte del Estero Macache, cantón Quevedo

Anexo 3. Características del Estero Macache (Norte)

Tabla 23. Características hidromorfológicas del mes de diciembre del 2016

Tramos del Estero Macache (Norte)	DICIEMBRE DEL AÑO 2016					
	Fecha: 10 de Diciembre			Fecha: 24 de Diciembre		
	Velocidad	Profundidad	Caudal	Velocidad	Profundidad	Caudal
	<i>m/s</i>	<i>m</i>	<i>L/seg</i>	<i>m/s</i>	<i>m</i>	<i>L/s</i>
<i>Aguas arriba</i>	0,25	0,04	12,03	0,15	0,04	4,46
<i>Descarga 1</i>	0,24	0,03	5,07	2,5	2,5	2,5
<i>Tramo1</i>	0,16	0,11	30,94	0,07	0,1	16,68
<i>Tributario 1</i>	0,05	0,24	40,76	0,05	0,3	53,51
<i>Tramo 2</i>	0,11	0,86	354,88	0,07	0,48	192,18
<i>Tramo3</i>	0,18	0,26	473,12	0,06	0,18	25,47

**m* = metros, *L*= Litros, y *s* = segundos

Elaborado: Autor

Tabla 24. Características hidromorfológicas del mes de enero del 2017

Tramos del Estero Macache (Norte)	ENERO DEL AÑO 2017					
	Fecha: 08 de Enero			Fecha: 21 de Enero		
	Velocidad	Profundidad	Caudal	Velocidad	Profundidad	Caudal
	<i>m/s</i>	<i>m</i>	<i>L/s</i>	<i>m/s</i>	<i>m</i>	<i>L/s</i>
<i>Aguas arriba</i>	0,40	0,12	94,30	0,86	0,42	899,93
<i>Descarga 1</i>	0,14	0,14	50,30	0,12	0,46	717,50
<i>Tramo1</i>	0,39	0,13	79,17	0,78	0,54	1071,92
<i>Tributario 1</i>	0,05	0,35	66,24	0,11	0,56	325,24
<i>Tramo 2</i>	0,08	1,14	416,60	0,25	1,21	1524,33
<i>Tramo3</i>	0,27	0,41	412,56	0,44	0,69	3953,86

**m* = metros, *L*= Litros, y *s* = segundos

Elaborado: Autor

Tabla 25. Parámetros Físico Químico de sitios de muestreo

PARAMETRO FISICOQUIMICO	Puntos de Muestreo	Diciembre del 2016		Enero del 2017	
		Día 10	Día 24	Día 08	Día 21
Temperatura °C	Aguas arriba	23,50	20,00	23,50	21,08
	Descarga 1	23,60	21,20	23,60	24,60
	Tramo1	22,30	19,50	22,80	22,00
	Tributario 1	23,60	21,60	23,40	19,80
	Tramo 2	22,70	21,70	22,90	20,00
	Tramo3	22,10	21,20	22,30	18,60
	PROMEDIO	22,97	20,87	23,08	21,01
Potencial de Hidrogeno (Unidad de pH)	Aguas arriba	7,00	6,50	6,50	7,31
	Descarga 1	6,50	6,70	7,00	7,01
	Tramo1	6,80	6,90	6,50	7,16
	Tributario 1	6,80	7,00	6,00	7,22
	Tramo 2	7,00	6,50	7,00	7,20
	Tramo3	7,00	6,50	6,50	7,19
	PROMEDIO	6,85	6,68	6,58	7,18
Oxígeno Disuelto (mg/L)	Aguas arriba	4,60	6,78	4,20	4,00
	Descarga 1	5,60	7,48	3,50	6,00
	Tramo1	6,70	7,40	4,30	4,00
	Tributario 1	6,20	5,98	3,00	14,00
	Tramo 2	3,10	3,09	3,30	5,00
	Tramo3	4,90	4,06	3,80	4,00
	PROMEDIO	5,18	5,80	3,68	6,17
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	Aguas arriba	5,00	6,00	5,00	6,00
	Descarga 1	5,00	12,00	5,00	12,00
	Tramo1	5,00	7,00	5,00	7,00
	Tributario 1	23,00	7,00	23,00	7,00
	Tramo 2	4,00	7,00	4,00	4,00
	Tramo3	5,00	1,00	5,00	1,00
	PROMEDIO	7,83	6,67	7,83	6,17
Turbidez (NTU)	Aguas arriba	0,00	112,90	0,00	45,57
	Descarga 1	0,00	203,00	0,00	19,43
	Tramo1	0,00	231,80	0,00	21,48
	Tributario 1	0,00	122,80	0,00	7,81
	Tramo 2	0,00	68,70	0,00	14,96
	Tramo3	0,00	29,41	0,00	21,19
	PROMEDIO	0,00	128,10	0,00	21,74
Conductividad Eléctrica $\mu\text{s}/\text{cm}$	Aguas arriba	---	294,00	---	204,30
	Descarga 1	---	537,00	---	316,00
	Tramo1	---	306,00	---	243,00
	Tributario 1	---	778,00	---	520,00
	Tramo 2	---	608,00	---	284,00
	Tramo3	---	650,00	---	276,00
	PROMEDIO	---	528,83	---	307,22

Fuente: Laboratorio de la UTEQ y el laboratorio Acreditado PUCE
Elaboración: Autor

Anexo 4. Fase de campo del proyecto de investigación



Fotografía 1. Recolección de muestras de agua en el Estero Macache (Norte)



Fotografía 2. Aforo de los tramos del Estero Macache (Norte)



ACREDITACIONES



INFORME CESAQ-PUCE No. 15919-6
Página 1 de 2
Versión: 2

CESAQ - PUCE

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS
INFORME DE ANÁLISIS No. 15919-6

Datos generales:

Cliente: VELEZ MEZA ARTURO CRISTHIAN
Dirección: EL EMPALME, Sector EL LIMON
Teléfono: 0939887211
Tipo de muestra: AGUA SUPERFICIAL

Toma de Muestra:(No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 10/12/16
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: AGUAS ARRIBA - AGUA SUPERFICIAL - ESTERO MOCACHE
MUESTREADO POR: CLIENTE
FECHA RECEPCIÓN: 12/12/16 INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

Table with 5 columns: AA, PARAMETRO, METODO ANALITICO, UNIDADES, RESULTADO. Rows include AGUAS Y SUELOS, Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días), and Oxígeno Disuelto.

análisis de
agua, suelo,
ruido y emisiones

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día, 12 de diciembre del 2016. Los análisis fueron realizados en el período comprendido entre el 12 de diciembre del 2016 y el 19 de diciembre del 2016.

El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo

El presente informe no debe reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESAQ - PUCE

Las incertidumbres de los resultados para los ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación se adjuntan en una página única (MC0701) al presente documento y sus cálculos se encuentran disponibles en los registros del CESAQ-PUCE.

CESAQ-PUCE, laboratorio acreditado OAE LE 2 C 04-001

Av. 12 de Octubre N20-80 y Av. Patria • 2991712 / 2991700, ext. 1938 - 1906 • cesaq@puce.edu.ec • www.puce.edu.ec/cesaq

Anexo 5. Análisis Químicos (Laboratorio CESAQ-PUCE)



ACREDITACIONES



INFORME CESAQ-PUCE No. 15919-4

Página 1 de 2

Versión: 2

CESAQ - PUCE

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS INFORME DE ANÁLISIS No. 15919-4

Datos generales:

Cliente: VELEZ MEZA ARTURO CRISTHIAN

Dirección: EL EMPALME, Sector EL LIMON

Teléfono: 0939887211

Tipo de muestra: AGUA RESIDUAL

Toma de Muestra: (No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 10/12/16

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: DESCARGA 1 AGUAS SERVIDAS / SECTOR SAN MARTIN PARROQUIA LA VENUS

MUESTREADO POR: CLIENTE

FECHA RECEPCIÓN: 12/12/16

INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
	AGUAS Y SUELOS			
1	Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	SM 5210 D / CP-PEE-A019	mg/L	< 6
1	Oxígeno Disuelto	SM 4500-O G / CP-PEE-A003	mg/L	5,6

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día, 12 de diciembre del 2016. Los análisis fueron realizados en el periodo comprendido entre el 12 de diciembre del 2016 y el 19 de diciembre del 2016.

El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo

El presente informe no debe reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESAQ - PUCE

Las incertidumbres de los resultados para los ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación se adjuntan en una página única (MC0701) al presente documento y sus cálculos se encuentran disponibles en los registros del CESAQ-PUCE.

CESAQ-PUCE, laboratorio acreditado OAE LE 2 C 04-001

Av. 12 de Octubre N20-80 y Av. Patria • 2991712 / 2991700, ext. 1938 - 1906 • cesaq@puce.edu.ec • www.puce.edu.ec/cesaq

Anexo 6. Análisis Químicos (Laboratorio CESAQ-PUCE)



ACREDITACIONES



Acreditación N° OAE LE 2C 04-001
LABORATORIO DE ENSAYOS

INFORME CESAQ-PUCE No. 15919-1

Página 1 de 2

Versión: 2

CESAQ - PUCE
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS
INFORME DE ANÁLISIS No. 15919-1

Datos generales:

Cliente: VELEZ MEZA ARTURO CRISTHIAN

Dirección: EL EMPALME, Sector EL LIMON

Teléfono: 0939887211

Tipo de muestra: AGUA SUPERFICIAL

Toma de Muestra: (No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 10/12/16

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: TRAMO 1 AGUA SUPERFICIAL ESTERO MOCACHE

MUESTREADO POR: CLIENTE

FECHA RECEPCIÓN: 12/12/16 INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
	AGUAS Y SUELOS			
1	Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	SM 5210 D / CP-PEE-A019	mg/L	< 6
1	Oxígeno Disuelto	SM 4500-O G / CP-PEE-A003	mg/L	6,7

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día, 12 de diciembre del 2016. Los análisis fueron realizados en el período comprendido entre el 12 de diciembre del 2016 y el 19 de diciembre del 2016.

El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo

El presente informe no debe reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESAQ - PUCE

Las incertidumbres de los resultados para los ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación se adjuntan en una página única (MC0701) al presente documento y sus cálculos se encuentran disponibles en los registros del CESAQ-PUCE.

CESAQ-PUCE, laboratorio acreditado OAE LE 2 C 04-001

Av. 12 de Octubre N20-80 y Av. Patria • 2991712 / 2991700, ext. 1938 - 1906 • cesaq@puce.edu.ec • www.puce.edu.ec/cesaq

Anexo 7. Análisis Químicos (Laboratorio CESAQ-PUCE)



ACREDITACIONES



INFORME CESAQ-PUCE No. 15919-5

Página 1 de 2

Versión: 2

CESAQ - PUCE

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS
INFORME DE ANÁLISIS No. 15919-5**

Datos generales:

Cliente: VELEZ MEZA ARTURO CRISTHIAN
Dirección: EL EMPALME, Sector EL LIMON
Teléfono: 0939887211
Tipo de muestra: AGUA SUPERFICIAL

Toma de Muestra:(No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 10/12/16
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: TRIBUTARIO 1 AGUA SUPERFICIAL ESTERO (SECTOR NUEVO AMANECER)
MUESTREADO POR: CLIENTE
FECHA RECEPCIÓN: 12/12/16 **INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE**

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
	AGUAS Y SUELOS			
1	Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	SM 5210 D / CP-PEE-A019	mg/L	23
1	Oxígeno Disuelto	SM 4500-O G / CP-PEE-A003	mg/L	6,2

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día, 12 de diciembre del 2016. Los análisis fueron realizados en el periodo comprendido entre el 12 de diciembre del 2016 y el 19 de diciembre del 2016.

El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo

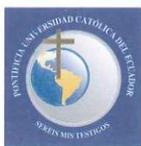
El presente informe no debe reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESAQ - PUCE

Las incertidumbres de los resultados para los ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación se adjuntan en una página única (MC0701) al presente documento y sus cálculos se encuentran disponibles en los registros del CESAQ-PUCE.

CESAQ-PUCE, laboratorio acreditado OAE LE 2 C 04-001

Av. 12 de Octubre N20-80 y Av. Patria • 2991712 / 2991700, ext. 1938 - 1906 • cesaq@puce.edu.ec • www.puce.edu.ec/cesaq

Anexo 8. Análisis Químicos (Laboratorio CESAQ-PUCE)



ACREDITACIONES



INFORME CESAQ-PUCE No. 15919-2

Página 1 de 2

Versión: 2

CESAQ - PUCE

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS INFORME DE ANÁLISIS No. 15919-2

Datos generales:

Cliente: VELEZ MEZA ARTURO CRISTHIAN

Dirección: EL EMPALME, Sector EL LIMON

Teléfono: 0939887211

Tipo de muestra: AGUA SUPERFICIAL

Toma de Muestra: (No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 10/12/16

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: TRAMO 2 AGUA SUPERFICIAL ESTERO MOCACHE

MUESTREADO POR: CLIENTE

FECHA RECEPCIÓN: 12/12/16

INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
	AGUAS Y SUELOS			
1	Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	SM 5210 D / CP-PEE-A019	mg/L	< 6
1	Oxígeno Disuelto	SM 4500-O G / CP-PEE-A003	mg/L	3,1

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día, 12 de diciembre del 2016. Los análisis fueron realizados en el periodo comprendido entre el 12 de diciembre del 2016 y el 19 de diciembre del 2016.

El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo

El presente informe no debe reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESAQ - PUCE

Las incertidumbres de los resultados para los ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación se adjuntan en una página única (MC0701) al presente documento y sus cálculos se encuentran disponibles en los registros del CESAQ-PUCE.

CESAQ-PUCE, laboratorio acreditado OAE LE 2 C 04-001

Av. 12 de Octubre N20-80 y Av. Patria • 2991712 / 2991700, ext. 1938 - 1906 • cesaq@puce.edu.ec • www.puce.edu.ec/cesaq

Anexo 9. Análisis Químicos (Laboratorio CESAQ-PUCE)



ACREDITACIONES



INFORME CESAQ-PUCE No. 15919-3

Página 1 de 2

Versión: 2

CESAQ - PUCE

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS
INFORME DE ANÁLISIS No. 15919-3

Datos generales:

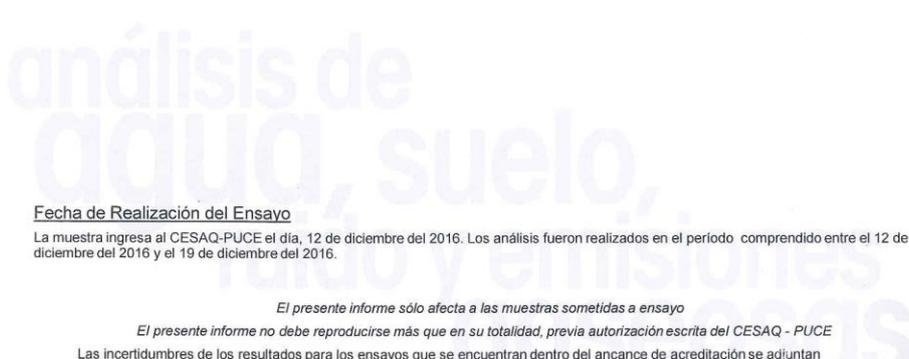
Cliente: VELEZ MEZA ARTURO CRISTHIAN
Dirección: EL EMPALME, Sector EL LIMON
Teléfono: 0939887211
Tipo de muestra: AGUA SUPERFICIAL

Toma de Muestra:(No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 10/12/16
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: TRAMO 3 AGUA SUPERFICIAL ESTERO MOCACHE
MUESTREADO POR: CLIENTE
FECHA RECEPCIÓN: 12/12/16 INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

Table with 5 columns: AA, PARAMETRO, METODO ANALITICO, UNIDADES, RESULTADO. Rows include AGUAS Y SUELOS, Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días), and Oxígeno Disuelto.



Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día, 12 de diciembre del 2016. Los análisis fueron realizados en el periodo comprendido entre el 12 de diciembre del 2016 y el 19 de diciembre del 2016.

El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo

El presente informe no debe reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESAQ - PUCE

Las incertidumbres de los resultados para los ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación se adjuntan en una página única (MC0701) al presente documento y sus cálculos se encuentran disponibles en los registros del CESAQ-PUCE.

CESAQ-PUCE, laboratorio acreditado OAE LE 2 C 04-001

Av. 12 de Octubre N20-80 y Av. Patria • 2991712 / 2991700, ext. 1938 - 1906 • cesaq@puce.edu.ec • www.puce.edu.ec/cesaq

Anexo 10. Análisis Químicos (Laboratorio CESAQ-PUCE)



ACREDITACIONES



INFORME CESAQ-PUCE No. 15959-2

Página 1 de 2

Versión: 2

CESAQ - PUCE

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS
INFORME DE ANÁLISIS No. 15959-2**

Datos generales:

Cliente: VELEZ MEZA ARTURO CRISTHIAN

Dirección: EL EMPALME, Sector EL LIMON

Teléfono: 0939887211

Tipo de muestra: AGUA SUPERFICIAL

Toma de Muestra: (No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 08/01/17

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: AGUAS ARRIBA - AGUA SUPERFICIAL - ESTERO MOCACHE

MUESTREADO POR: CLIENTE

FECHA RECEPCIÓN: 10/01/17

INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
	AGUAS Y SUELOS			
1	Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	SM 5210 D / CP-PEE-A019	mg/L	< 6
1	Oxígeno Disuelto	SM 4500-O G / CP-PEE-A003	mg/L	4,2

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día, 10 de enero del 2017. Los análisis fueron realizados en el periodo comprendido entre el 10 de enero del 2017 y el 16 de enero del 2017.

El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo

El presente informe no debe reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESAQ - PUCE

Las incertidumbres de los resultados para los ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación se adjuntan en una página única (MC0701) al presente documento y sus cálculos se encuentran disponibles en los registros del CESAQ-PUCE.

CESAQ-PUCE, laboratorio acreditado OAE LE 2 C 04-001

Av. 12 de Octubre N20-80 y Av. Patria • 2991712 / 2991700, ext. 1938 - 1906 • cesaq@puce.edu.ec • www.puce.edu.ec/cesaq

Anexo 11. Análisis Químicos (Laboratorio CESAQ-PUCE)



ACREDITACIONES



Acreditación N° OAE LE 2C 04-001
LABORATORIO DE ENSAYOS

INFORME CESAQ-PUCE No. 15959-1

Página 1 de 2

Versión: 2

CESAQ - PUCE

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS INFORME DE ANÁLISIS No. 15959-1

Datos generales:

Cliente: VELEZ MEZA ARTURO CRISTHIAN

Dirección: EL EMPALME, Sector EL LIMON

Teléfono: 0939887211

Tipo de muestra: AGUA RESIDUAL

Toma de Muestra: (No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 08/01/17

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: DESCARGA 1 AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DE LA PARROQUIA VENUS - BIENESTAR SOCIAL 1 Y 2

MUESTREADO POR: CLIENTE

FECHA RECEPCIÓN: 10/01/17

INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
	AGUAS Y SUELOS			
1	Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	SM 5210 D / CP-PEE-A019	mg/L	6
1	Oxígeno Disuelto	SM 4500-O G / CP-PEE-A003	mg/L	3,5

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día, 10 de enero del 2017. Los análisis fueron realizados en el periodo comprendido entre el 10 de enero del 2017 y el 16 de enero del 2017.

El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo

El presente informe no debe reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESAQ - PUCE

Las incertidumbres de los resultados para los ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación se adjuntan en una página única (MC0701) al presente documento y sus cálculos se encuentran disponibles en los registros del CESAQ-PUCE.

CESAQ-PUCE, laboratorio acreditado OAE LE 2 C 04-001

Av. 12 de Octubre N20-80 y Av. Patria • 2991712 / 2991700, ext. 1938 - 1906 • cesaq@puce.edu.ec • www.puce.edu.ec/cesaq

Anexo 12. Análisis Químicos (Laboratorio CESAQ-PUCE)



ACREDITACIONES



INFORME CESAQ-PUCE No. 15959-4

Página 1 de 2

Versión: 2

CESAQ - PUCE
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS
INFORME DE ANÁLISIS No. 15959-4

Datos generales:

Cliente: VELEZ MEZA ARTURO CRISTHIAN
Dirección: EL EMPALME, Sector EL LIMON
Teléfono: 0939887211
Tipo de muestra: AGUA SUPERFICIAL

Toma de Muestra:(No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 08/01/17
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: TRAMO 1 - AGUA SUPERFICIAL ESTERO MOCACHE
MUESTREADO POR: CLIENTE
FECHA RECEPCIÓN: 10/01/17 INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
	AGUAS Y SUELOS			
1	Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	SM 5210 D / CP-PEE-A019	mg/L	< 6
1	Oxígeno Disuelto	SM 4500-O G / CP-PEE-A003	mg/L	4,3

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día, 10 de enero del 2017. Los análisis fueron realizados en el periodo comprendido entre el 10 de enero del 2017 y el 16 de enero del 2017.

El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo

El presente informe no debe reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESAQ - PUCE

Las incertidumbres de los resultados para los ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación se adjuntan en una página única (MC0701) al presente documento y sus cálculos se encuentran disponibles en los registros del CESAQ-PUCE.

CESAQ-PUCE, laboratorio acreditado OAE LE 2 C 04-001

Av. 12 de Octubre N20-80 y Av. Patria • 2991712 / 2991700, ext. 1938 - 1906 • cesaq@puce.edu.ec • www.puce.edu.ec/cesaq

Anexo 13. Análisis Químicos (Laboratorio CESAQ-PUCE)



ACREDITACIONES



INFORME CESAQ-PUCE No. 15959-3

Página 1 de 2

Versión: 2

CESAQ - PUCE
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS
INFORME DE ANÁLISIS No. 15959-3

Datos generales:

Cliente: VELEZ MEZA ARTURO CRISTHIAN

Dirección: EL EMPALME, Sector EL LIMON

Teléfono: 0939887211

Tipo de muestra: AGUA SUPERFICIAL

Toma de Muestra: (No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 08/01/17

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: TRIBUTARIO 1 - AGUA SUPERFICIAL PROVENIENTE DE LA PARROQUIA LA VENUS - SECTOR NUEVO

MUESTREADO POR: CLIENTE

FECHA RECEPCIÓN: 10/01/17

INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
	AGUAS Y SUELOS			
1	Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	SM 5210 D / CP-PEE-A019	mg/L	14
1	Oxígeno Disuelto	SM 4500-O G / CP-PEE-A003	mg/L	3,0

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día, 10 de enero del 2017. Los análisis fueron realizados en el periodo comprendido entre el 10 de enero del 2017 y el 16 de enero del 2017.

El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo

El presente informe no debe reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESAQ - PUCE

Las incertidumbres de los resultados para los ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación se adjuntan en una página única (MC0701) al presente documento y sus cálculos se encuentran disponibles en los registros del CESAQ-PUCE.

CESAQ-PUCE, laboratorio acreditado OAE LE 2 C 04-001

Av. 12 de Octubre N20-80 y Av. Patria • 2991712 / 2991700, ext. 1938 - 1906 • cesaq@puce.edu.ec • www.puce.edu.ec/cesaq

Anexo 14. Análisis Químicos (Laboratorio CESAQ-PUCE)



ACREDITACIONES



INFORME CESAQ-PUCE No. 15959-5

Página 1 de 2

Versión: 2

CESAQ - PUCE
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS
INFORME DE ANÁLISIS No. 15959-5

Datos generales:

Cliente: VELEZ MEZA ARTURO CRISTHIAN

Dirección: EL EMPALME, Sector EL LIMON

Teléfono: 0939887211

Tipo de muestra: AGUA SUPERFICIAL

Toma de Muestra: (No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 08/01/17

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: TRAMO 2 - AGUA SUPERFICIAL ESTERO MOCACHE

MUESTREADO POR: CLIENTE

FECHA RECEPCIÓN: 10/01/17

INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
	AGUAS Y SUELOS			
1	Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	SM 5210 D / CP-PEE-A019	mg/L	< 6
1	Oxígeno Disuelto	SM 4500-O G / CP-PEE-A003	mg/L	3,3

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día, 10 de enero del 2017. Los análisis fueron realizados en el periodo comprendido entre el 10 de enero del 2017 y el 16 de enero del 2017.

El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo

El presente informe no debe reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESAQ - PUCE

Las incertidumbres de los resultados para los ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación se adjuntan en una página única (MC0701) al presente documento y sus cálculos se encuentran disponibles en los registros de CESAQ-PUCE

CESAQ-PUCE, laboratorio acreditado OAE LE 2 C 04-001

Av. 12 de Octubre N20-80 y Av. Patria • 2991712 / 2991700, ext. 1938 - 1906 • cesaq@puce.edu.ec • www.puce.edu.ec/cesaq

Anexo 15. Análisis Químicos (Laboratorio CESAQ-PUCE)



ACREDITACIONES



INFORME CESAQ-PUCE No. 15959-6

Página 1 de 2

Versión: 2

CESAQ - PUCE
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS
INFORME DE ANÁLISIS No. 15959-6

Datos generales:

Cliente: VELEZ MEZA ARTURO CRISTHIAN
Dirección: EL EMPALME, Sector EL LIMON
Teléfono: 0939887211
Tipo de muestra: AGUA SUPERFICIAL

Toma de Muestra: (No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 08/01/17
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: TRAMO 3 - AGUA SUPERFICIAL ESTERO MOCACHE
MUESTREADO POR: CLIENTE
FECHA RECEPCIÓN: 10/01/17 INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
	AGUAS Y SUELOS			
1	Demanda Bloquímica de Oxígeno (5 días)	SM 5210 D / CP-PEE-A019	mg/L	< 6
1	Oxígeno Disuelto	SM 4500-O G / CP-PEE-A003	mg/L	3,8

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día, 10 de enero del 2017. Los análisis fueron realizados en el periodo comprendido entre el 10 de enero del 2017 y el 16 de enero del 2017.

El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo

El presente informe no debe reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESAQ - PUCE

Las incertidumbres de los resultados para los ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación se adjuntan en una página única (MC0701) al presente documento y sus cálculos se encuentran disponibles en los registros del CESAQ-PUCE

CESAQ-PUCE, laboratorio acreditado OAE LE 2 C 04-001

Av. 12 de Octubre N20-80 y Av. Patria • 2991712 / 2991700, ext. 1938 - 1906 • cesaq@puce.edu.ec • www.puce.edu.ec/cesaq

Anexo 16. Análisis Químicos (Laboratorio CESAQ-PUCE)



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

Telefax: (593-05) 759291

Casillas: Guayaquil 10672 – Quevedo 73

Telf. UTEQ: (593-05) 750320 – 751430

Km. 1.5 vía a Santo Domingo

Quevedo, 07 de Abril del 2017

CERTIFICACIÓN

El suscrito, **Ing. JULIO CESAR PAZMIÑO RODRIGUEZ Msc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el proyecto de investigación del estudiante ARTURO CRISTHIAN VÉLEZ MEZA con el tema de: **“MODELIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL SEGMENTO NORTE DEL ESTERO MACACHE DEL CANTÓN QUEVEDO, PROVINCIA DE LOS RÍOS”**, fue ingresado al sistema URKUND y presentó el 9% de similitud, considerando el Reglamento e Instructivos de Proyecto de Investigación de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Ing. JULIO CESAR PAZMIÑO Msc.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

The screenshot shows a web browser window with three tabs: 'Universidad Técnica Estatal de ...', '[Urkund] 33% de similitud ...', and 'D26711181 - P. Investigacio...'. The address bar shows the URL: <https://secure.orkund.com/view/26490850-557447-708221#Dck7DsJAEATRu2zcQvPZ9Xb7KsgBsgA5wllDxN2Z4CVV3/a52np36>. The page header features the 'URKUND' logo. The main content area is divided into two columns. The left column contains document details: **Documento** (P. Investigacion Modelizacion de la calidad de agua del estero Macache segmento norte V. 23.03.2017.docx (D26711181)), **Presentado** (2017-03-23 21:54 (-05:00)), **Presentado por** (arturo.velez@uteq.edu.ec), **Recibido** (jpazmino.uteq@analysis.orkund.com), and **Mensaje** (Proyecto de investigacion Movilización de la calidad de agua del estero Macache [Mostrar el mensaje completo](#)). A yellow highlight in the message text indicates '9% de esta aprox. 40 páginas de documentos largos se componen de texto presente en 9 fuentes.' The right column is titled 'Lista de fuentes' and contains a table with a 'Categoría' header and several rows of source information, each with a plus icon and a blue document icon. The bottom of the page features a navigation bar with various icons and arrows.

Imagen: Reporte del Urkund con el 9%