



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

Proyecto de Investigación previo  
a la obtención del Título de  
Ingeniería en Gestión Ambiental

**TESIS DE GRADO:**

**“EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LAS DESCARGAS CONTAMINANTES EN  
LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO QUEVEDO, CANTÓN QUEVEDO, PROVINCIA  
DE LOS RÍOS, AÑO 2016”**

**AUTORA:**

Cuero Ordoñez Loida Eunice

**DIRECTOR:**

Ing. Julio César Pazmiño Rodríguez, MSc.

**Quevedo-Los Ríos- Ecuador**

**2017**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, **Loida Eunice Cuero Ordoñez**, declaro que el trabajo aquí descrito 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.

---

**Loida Eunice Cuero Ordoñez**

## **CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

El suscrito, Ing. Julio Cesar Pazmiño Rodríguez, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante Loida Eunice Cuero Ordoñez, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado **“EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LAS DESCARGAS CONTAMINANTES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO QUEVEDO, CANTÓN QUEVEDO, PROVINCIA DE LOS RÍOS, AÑO 2017”** 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  
**DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



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

**PROYECTO DE INVESTIGACION**

TÍTULO:

“EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LAS DESCARGAS CONTAMINANTES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO QUEVEDO, CANTÓN QUEVEDO, PROVINCIA DE LOS RÍOS, AÑO 2016”.

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

Aprobado por:

---

Ing. Mariela Alexis Díaz Ponce  
**PRESIDENTA DEL TRIBUNAL  
DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

---

Ing. Juan Pablo Urdánigo Zambrano  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DEL  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

---

Ing. Norma María Guerrero Chuez  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DEL  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR  
2017

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco de una manera muy especial a mi Director de tesis, Ing. Julio César Pazmiño Rodríguez, por su esfuerzo y dedicación. Sus conocimientos, orientaciones, su manera incasable de trabajar, paciencia y su motivación han sido fundamentales para la formación profesional de cada estudiante de esta facultad.

Él ha inculcado en mí un sentido de responsabilidad y rigor académico sin los cuales no podría tener una formación completa. A su manera, ha sido capaz de ganarse mi lealtad y admiración, así como sentirme en deuda con él por todo lo recibido durante mi periodo como estudiante.

Así mismo, agradezco a cada docente que puso su confianza en mí y siempre me motivaron a seguir adelante, sé que esto no termina aquí y gracias a ellos sé que puedo superar cada obstáculo que la vida me ponga.

Gracias infinitas Ing. Carolina Tay-Hing, Ing. Mariela Díaz, Ing. Ángel Yépez, Ing. Luis Vallejo, Ing. Juan Pablo Urdánigo, Ing. Oscar Prieto, Ing. Norma Guerrero, Ing. Carlos Sánchez. Cada uno de ellos no solo fueron maestros sino amigos.

De igual manera agradezco a mis compañeros y amigos que me brindaron su apoyo en el proceso de esta investigación.

## DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación a mis dos grandes amores, mis pilares de la vida mis padres **Lorenzo Cuero Perlaza y Leinace Ordoñez Guangas**, ellos que con su esfuerzo día a día siempre han trabajado y buscado la manera para que yo pueda llegar a esta etapa de mi vida.

A mis hnas. Lady, Diana y Dorcas y a cada uno de los hermanos de la iglesia del Movimiento Misionero Mundial quienes siempre me brindaron su ayuda desinteresada y me animaron a seguir adelante y no quedarme a medio camino.

# ÍNDICE

Declaración de autoría y cesión de derechos.....	ii
Certificación de culminación del proyecto de investigación.....	iii
Agradecimiento .....	v
Dedicatoria.....	vi
Índice .....	vii
Indice de tabla.....	xiv
Índice de gráficos.....	xvi
Resumen ejecutivo.....	xvii
Abstract.....	xviii
Código dublin .....	xix
Introducción.....	20
CAPÍTULO 1 .....	22
Marco contextual de la investigación .....	22
1.1.    Problema de investigación.....	23
1.1.1.    Planteamiento del problema. ....	23
1.1.1.1    Diagnóstico.....	24
1.1.1.2    Pronóstico.....	24
1.1.2.    Formulación del problema.....	25

1.1.3.	Sistematización del problema.....	25
1.2.	Objetivos.....	25
1.2.1.	Objetivo General.....	25
1.2.2.	Objetivos Específicos .....	25
1.3.	Justificación .....	26
CAPÍTULO 2 .....		27
Fundamentación teórica de la investigación.....		27
2.1.	Marco conceptual .....	28
2.1.1.	Agua Superficial.....	28
2.1.2.	Contaminación Del Agua .....	28
2.1.3.	Calidad del Agua Superficial.....	28
2.1.4.	Clasificación de las aguas superficiales.....	29
2.1.4.1	Ríos.....	29
2.1.4.2	Esteros .....	29
2.1.4.3	Lagos .....	29
2.1.5.	Hidrodinámica .....	30
2.1.5.1	Velocidad de corriente .....	30
2.1.5.2	Caudal.....	30
2.1.5.3	Métodos para medir caudales.....	31

2.1.5.4	Método volumétrico .....	31
2.1.5.5	Método de velocidad – área .....	33
2.1.5.6	Régimen de flujo .....	33
2.1.6.	Indicadores de contaminación del agua .....	33
2.1.6.1	Indicadores físicos .....	33
2.1.6.2	Temperatura .....	34
2.1.6.3	Color .....	34
2.1.6.4	Turbidez .....	35
2.1.6.5	Indicadores químicos .....	35
2.1.6.6	Potencial de Hidrogeno (pH) .....	36
2.1.6.7	Oxígeno disuelto (OD) .....	36
2.1.6.8	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) .....	37
2.1.6.9	DQO .....	38
2.1.6.10	Alcalinidad .....	38
2.1.6.11	Conductividad .....	38
2.1.6.12	Dureza .....	39
2.1.6.13	Indicadores microbiológicos .....	39
2.1.6.14	Coliformes totales .....	39
2.1.6.15	Coliformes fecales .....	40

2.1.7.	Calidad del agua .....	40
2.1.7.1	Criterios de calidad y estándares .....	41
2.1.7.2	Índices de calidad del agua.....	41
2.1.7.3	ICA .....	42
2.1.7.4	ICA NSF.....	43
2.1.7.5	ICA DINIUS (1987).....	44
2.1.8.	Análisis multivariante.....	45
2.1.9.	Modelo de Streeter y Phelps .....	45
2.3.	Marco Referencial .....	47
CAPÍTULO 3 .....		49
Metodología de la investigación.....		49
3.2.	Localización.....	50
3.3.	Tipo de Investigación .....	51
3.4.	Métodos de investigación .....	51
3.5.	Fuentes de recopilación de información.....	51
3.6.	Diseño de la Investigación.....	52
3.6.1.	Determinación de la cantidad de las descargas contaminantes .....	52
3.6.2.	Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la corriente .....	52
3.6.3.	Determinación de la calidad del agua del río Quevedo.....	54

3.6.4.	Predecir la calidad del agua del río Quevedo con el modelo de Streeter-Phelps. ...	57
3.7.	Instrumentos de investigación .....	59
3.8.	Tratamiento de los datos.....	60
3.9.	Recursos Humanos y Materiales .....	60
3.9.1.	Recursos humanos.....	60
3.9.2.	Materiales de oficina .....	60
3.9.3.	Materiales de campo.....	62
CAPÍTULO 4	.....	63
Resultados y discusión.....		63
4.1.	Resultados.....	64
4.1.1.	Determinación de la cantidad de las descargas contaminantes vertidas en el río Quevedo.....	64
4.1.1.1	Identificación de las descargas de aguas servidas .....	64
4.1.1.2	Medición de caudales del sistema de alcantarillado.....	67
4.1.1.3	Análisis de varianza de caudal .....	67
4.1.2.	Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la corriente del río Quevedo ..	70
4.1.2.1	Medición de parámetros y cumplimiento de normativa.....	70
4.1.2.2	Análisis multivariante .....	71
4.1.2.2.1.	Análisis de los componentes principales .....	71

4.1.2.2.2. Análisis factorial .....	74
4.1.2.2.3. Análisis de conglomerados .....	76
4.1.3. Determinación de la calidad del agua del río Quevedo aplicando índices de calidad.....	76
4.1.3.1 Índice de calidad NSF y Dinius.....	76
4.1.4. Predicción de la calidad del agua del río Quevedo con el modelo de Streeter-Phelps.....	77
4.1.4.1 Aplicación del modelo Streeter Phelps .....	77
4.1.4.2 Datos de entrada del modelo .....	78
4.1.4.3 Aplicación del modelo Streeter Phelps .....	79
4.2. Discusión .....	81
CAPÍTULO 5 .....	83
Conclusiones y recomendaciones.....	83
5.1. Conclusiones.....	84
5.2. Recomendaciones .....	85
CAPÍTULO 6 .....	86
Bibliografía.....	86
6.1. Bibliografía.....	87
CAPÍTULO 7 .....	94
Anexos .....	94

7.1.	Índice NSF y Dinius .....	95
7.2.	Reporte de Laboratorio .....	102
7.3.	Fotografías .....	110

## INDICE DE TABLA

Tabla 1. Estándares ambientales _____	53
Tabla 2 Funciones de los subíndices _____	54
Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos empleados por diferentes ICA Y Pesos relativos asignados. _____	55
Tabla 4. Rangos de clasificación del ICA NSF en función del uso del uso del agua _____	55
Tabla 5. Rangos de clasificación del ICA Multiplicativo en función del uso del uso del agua, según Dinius (1987) _____	56
Tabla 6. Fórmulas y rangos de profundidad y velocidad utilizados para estimar $k_a$ _____	58
Tabla 7. Otras fórmulas empíricas para estimar $k_a$ a 20°C _____	58
Tabla 8 Descargas de aguas servidas de la ciudad de Quevedo _____	65
Tabla 9 Puntos de Monitoreo _____	66
Tabla 10. Valores promedio de caudal (l/s) de las descargas de aguas servidas al río Quevedo _____	67
Tabla 11. Varianza del caudal a las 8 am _____	68
Tabla 12. Comparación de Tukey a las 8 am _____	68
Tabla 13. Varianza del caudal a las 12 am _____	68
Tabla 14. Varianza del caudal a las 16 Pm _____	69
Tabla 15. Comparación de Tukey a las 16 Pm _____	69
Tabla 16. Medición de los parámetros y cumplimiento de la normativa _____	70
Tabla 17 Análisis de Componentes Principales _____	71
Tabla 18 Pesos de los Componentes _____	73
Tabla 19 Matriz de Cargas del Factor Después Varimax Rotación _____	75
Tabla 20. Comparación de la calidad de agua NSF/Dinius aguas arriba del puente Velasco Ibarra _____	77
Tabla 21. Comparación de la calidad de agua NSF/Dinius aguas abajo del puente Walter Andrade Fajardo _____	77
Tabla 22 Constantes de remoción _____	78
Tabla 23. Resultados de la calibración paramétrica con el método GLUE de las contantes cinéticas. _____	78
Tabla 24. Características de la cabecera, tributario y fuentes puntuales del 29 de octubre del 2016 _____	79
Tabla 25. Condiciones iniciales del segmento estudiado _____	79
Tabla 26. Error relativo del OD y DBO _____	80
Tabla 27. Análisis de aguas arriba del puente Velasco Ibarra de Enero 14 _____	95
Tabla 21. Análisis de aguas abajo del puente Walter Andrade Fajardo de Enero 14 _____	96
Tabla 22. Análisis de aguas arriba del puente Velasco Ibarra de Enero 28 _____	96

Tabla 23. Análisis de aguas abajo del puente Walter Andrade Fajardo de Enero 28 _____	97
Tabla 24. Análisis de aguas arriba del puente Velasco Ibarra de Febrero 11 _____	97
Tabla 25. Análisis de aguas abajo del puente Walter Andrade Fajardo de Febrero 11 _____	97
Tabla 26. Análisis de aguas arriba del puente Velasco Ibarra de Marzo 4 _____	98
Tabla 27. Análisis de aguas abajo del puente Walter Andrade Fajardo de Marzo 4 _____	98
Tabla 28. Análisis aguas arriba del puente Velasco I. y aguas abajo del puente Walter A. Enero 14 ____	98
Tabla 29. Análisis aguas arriba del puente Velasco I. y aguas abajo del puente Walter A. Enero 14 ____	99
Tabla 30. Análisis aguas arriba del puente Velasco I. y aguas abajo del puente Walter A. Enero 28 ____	99
Tabla 31. Análisis aguas arriba del puente Velasco I. y aguas abajo del puente Walter A. Enero 28 ____	99
Tabla 32. Análisis aguas arriba del puente Velasco I. y aguas abajo del puente Walter A. Febrero 11 _	100
Tabla 33. Análisis aguas arriba del puente Velasco I. y aguas abajo del puente Walter A. Febrero 11 _	100
Tabla 34. Análisis aguas arriba del puente Velasco I. y aguas abajo del puente Walter A. Marzo 4 ____	100
Tabla 35. Análisis aguas arriba del puente Velasco I. y aguas abajo del puente Walter A. Marzo 4 ____	101

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Área de estudio.....	50
Gráfico 2 Ubicación de los puntos de monitoreo en los sectores de San Camilo y Quevedo .....	65
Gráfico 3 Monitoreo.....	66
Gráfico 4 Gráfica de Sedimentación .....	72
Gráfico 5 Dispersión tridimensional de las variables en los componentes .....	74
Gráfico 6 Cargas del Factor.....	75
Gráfico 7 Dendrograma.....	76
Gráfico 8. Perfil del oxígeno Disuelto.....	79
Gráfico 9. Perfil de la DBO <sub>5</sub> .....	80

## RESUMEN EJECUTIVO

Esta investigación consistió en la caracterización fisicoquímica y microbiológica de las aguas del río Quevedo, provincia de Los Ríos, a fin de determinar su cumplimiento con la normativa nacional y su calidad para diferentes usos. Metodológicamente, se realizó un recorrido en el cauce del río Quevedo y sus orillas, desde 100 metros antes del puente Velasco Ibarra, hasta 100 metros después del puente Walter Andrade Fajardo, que permitió identificar 10 descargas ubicadas a orillas del río; posteriormente se tomó un total de 12 muestras de agua en los meses de enero, febrero y marzo del 2017, 4 antes del puente Velasco, 4 en la descarga de aguas servidas ubicada bajo el malecón de Quevedo, y 4 después del puente Walter Andrade Fajardo, todas con una frecuencia de quince días. Asimismo, se efectuó análisis de laboratorio para determinar los parámetros: Potencial Hidrógeno, Oxígeno Disuelto, DBO<sub>5</sub>, Coliformes Fecales, Coliformes Totales, Sólidos Suspendidos, Nitratos, Fosfatos, Cloruros, Color, Turbidez, Temperatura, Conductividad Eléctrica, Conductividad y Dureza. Con los resultados obtenidos se estableció que los parámetros coliformes fecales y color no cumplieron con el estándar ambiental en todo el período de muestreo, no obstante también la DBO<sub>5</sub> estuvo ligeramente alta en algunos casos. El índice de calidad NSF mostró que el agua fue de *Mala* calidad para aguas arriba y aguas abajo, Dinius (1987) determinó un rango que corresponde a aguas contaminadas, implicando un riesgo para la vida de los animales que allí habitan y las personas que usan este recurso. Por último se elaboró el modelo de Streeter Phelps con un único muestreo de las descargas de alcantarillado para determinar los valores de OD y DBO<sub>5</sub>.

Dentro de la investigación se ha demostrado que las descargas ubicadas a orillas de río Quevedo influyen de manera significativa en la calidad del agua, principalmente en parámetros de color y coliformes fecales.

**Palabras clave:** Oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno, ICA NSF, ICA Dinius, Streeter-Phelps, Monitoreo.

## ABSTRACT

This research consisted in the physicochemical and microbiological characterization of the waters of the Quevedo River, province of Los Ríos, in order to determine its compliance with the national regulations and their quality for different uses. Methodologically, a journey was made in the course of the river Quevedo and its banks, from 100 meters before the Velasco Ibarra bridge, to 100 meters after the Walter Andrade Fajardo bridge, which allowed to identify 10 discharges located on the river banks; A total of 12 water samples were taken in the months of January, February and March of 2017, 4 before the Velasco bridge, 4 in the sewage discharge located under the Quevedo malecon, and 4 after the Walter Andrade Fajardo Bridge , All with a frequency of fifteen days. Also, laboratory analyzes were carried out to determine the parameters: Hydrogen Potential, Dissolved Oxygen, BOD5, Fecal Coliforms, Total Coliforms, Suspended Solids, Nitrates, Phosphates, Chlorides, Color, Turbidity, Temperature, Electrical Conductivity, Conductivity and Hardness. The results obtained established that the fecal coliform parameters and color did not comply with the environmental standard throughout the sampling period, however also the BOD5 was slightly high in some cases. The NSF quality index showed that the water was of poor quality for upstream and downstream, Dinius (1987) determined a range corresponding to contaminated water, implying a risk for the lives of the animals that live there and the people who use them This feature. Finally, the Streeter Phelps model was developed with a single sampling of the sewage discharges to determine OD and BOD5 values.

Within the investigation, it has been shown that the discharges located on the banks of the Quevedo river have a significant influence on water quality, mainly in color parameters and fecal coliforms.

**.Key Words:** Dissolved Oxygen, Biochemical Oxygen Demand, ICA NSF, ICA Dinius, Streeter-Phelps, Monitoring.

## CÓDIGO DUBLIN

Titulo:	“Evaluación de la incidencia de las descargas contaminantes en la calidad del agua del río Quevedo, Cantón Quevedo, provincia de Los Ríos, año 2016 ”
Autor:	Cuero Ordoñez Loida Eunice
Palabras Claves:	Calidad del Agua–Monitoreo – Análisis Multivariante –Calidad del Agua
Fecha de Publicación:	Junio 2017
Editorial:	Quevedo: UTEQ, 2017
Resumen:	<p><b>RESUMEN.</b>-Esta investigación consistió en la caracterización fisicoquímica y microbiológica de las aguas del río Quevedo, provincia de Los Ríos, a fin de determinar su cumplimiento con la normativa nacional y su calidad para diferentes usos. Metodológicamente, se realizó un recorrido en el cauce del río Quevedo y sus orillas, desde 100 metros antes del puente Velasco Ibarra, hasta 100 metros después del puente Walter Andrade Fajardo, que permitió identificar 10 descargas ubicadas a orillas del río; posteriormente se tomó un total de 12 muestras de agua en los meses de enero, febrero y marzo del 2017, 4 antes del puente Velasco, 4 en la descarga de aguas servidas ubicada bajo el malecón de Quevedo, y 4 después del puente Walter Andrade Fajardo, todas con una frecuencia de quince días. Asimismo, se efectuó análisis de laboratorio para determinar los parámetros: Potencial Hidrógeno, Oxígeno Disuelto, DBO<sub>5</sub>, Coliformes Fecales, Coliformes Totales, Sólidos Suspendidos, Nitratos, Fosfatos, Cloruros, Color, Turbidez, Temperatura, Conductividad Eléctrica, Conductividad y Dureza. Con los resultados obtenidos se estableció que los parámetros coliformes fecales y color no cumplieron con el estándar ambiental en todo el período de muestreo, no obstante también la DBO<sub>5</sub> estuvo ligeramente alta en algunos casos. El índice de calidad NSF mostró que el agua fue de <i>Mala</i> calidad para aguas arriba y aguas abajo, Dinius (1987) determinó un rango que corresponde a aguas contaminadas, implicando un riesgo para la vida de los animales que allí habitan y las personas que usan este recurso. Por último se elaboró el modelo de Streeter Phelps con un único muestreo de las descargas de alcantarillado para determinar los valores de OD y DBO<sub>5</sub>.</p> <p>Dentro de la investigación se ha demostrado que las descargas ubicadas a orillas de río Quevedo influyen de manera significativa en la calidad del agua, principalmente en parámetros de color y coliformes fecales</p> <p><b>ABSTRACT.</b>This research consisted in the physicochemical and microbiological characterization of the waters of the Quevedo River, province of Los Ríos, in order to determine its compliance with the national regulations and their quality for different uses. Methodologically, a journey was made in the course of the river Quevedo and its banks, from 100 meters before the Velasco Ibarra bridge, to 100 meters after the Walter Andrade Fajardo bridge, which allowed to identify 10 discharges located on the river banks; A total of 12 water samples were taken in the months of January, February and March of 2017, 4 before the Velasco bridge, 4 in the sewage discharge located under the Quevedo malecon, and 4 after the Walter Andrade Fajardo Bridge , All with a frequency of fifteen days. Also, laboratory analyzes were carried out to determine the parameters: Hydrogen Potential, Dissolved Oxygen, BOD5, Fecal Coliforms, Total Coliforms, Suspended Solids, Nitrates, Phosphates, Chlorides, Color, Turbidity, Temperature, Electrical Conductivity, Conductivity and Hardness. The results obtained established that the fecal coliform parameters and color did not comply with the environmental standard throughout the sampling period, however also the BOD5 was slightly high in some cases. The NSF quality index showed that the water was of poor quality for upstream and downstream, Dinius (1987) determined a range corresponding to contaminated water, implying a risk for the lives of the animals that live there and the people who use them This feature. Finally, the Streeter Phelps model was developed with a single sampling of the sewage discharges to determine OD and BOD5 values.</p> <p>Within the investigation, it has been shown that the discharges located on the banks of the Quevedo river have a significant influence on water quality, mainly in color parameters and fecal coliforms.</p>
Descripción:	hojas 113: dimensiones, 21 x 29,7 cm + CD-ROM 6162
URI:	

## INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento esencial para el desarrollo del ser humano, su aprovechamiento, utilización y conservación son elementos fundamentales en cualquier estrategia de desarrollo [1]. La disponibilidad y la pureza del agua ocupan desde la antigüedad un importante lugar para la humanidad.

Del agua presente en el planeta el 97% de esta es salada y el 3% dulce, y de este el 1,74% se encuentra en forma de hielo en los glaciares y casquetes polares quienes en la actualidad debido al cambio climático, se están derritiendo. El 1.26% está distribuida en ríos, lagos, atmósfera, y es de este último porcentaje que el 0,7% se encuentra a disposición del ser humano. Debido a todas estas circunstancias la contaminación del agua de fácil acceso, afecta a todos los seres vivos [2]

El creciente deterioro de los cuerpos de agua dulce, ha conducido al desarrollo de normas de calidad de aguas superficiales para la protección de las comunidades acuáticas. Estas se basan en la determinación de concentraciones máximas permisibles de agentes químicos individualmente. Sin embargo, estas normas, no permiten determinar el efecto que estos contaminantes pueden tener sobre los organismos acuáticos. Para ello se han propuesto el uso de herramientas que consisten en analizar las características hídricas, fisicoquímicas y biológicas de los cuerpos de agua [3].

El río Quevedo, ubicado en la provincia de Los Ríos, a simple vista presenta un alto grado de contaminación. Debido al múltiple uso de sus aguas los cuales son agrícola, recreativo, urbano/rural, además recibe la descarga constante de contaminantes tanto de fuentes puntuales como difusas. Por lo anterior, la calidad de las aguas y los productores primarios estén siendo afectados, lo que se ve reflejado en cambios en la estructura de la comunidad acuática e inhibición en el crecimiento de micro algas.

Las aguas del río Quevedo se ven afectadas por agentes infecciosos que causan trastornos gastrointestinales; aguas residuales generadas por las actividades de las viviendas que están a riberas del río, los mercados tanto de mariscos como de legumbres y otros residuos que tienden a demandar oxígeno; productos químicos y nutrientes vegetales. La contaminación que día a día generan estas actividades provoca la alteración natural de la calidad del agua, agua que los

habitantes de la ciudad usan ya sea para recreación, sus actividades diarias y la pesca. Y la contaminación de la misma causa un sin número de enfermedades las cuales no solo ingresan al organismo a través de una ingesta directa de agua en mal estado, sino que también pueden incorporarse a través del consumo de peces.

Por ello esta investigación se propone evaluar el nivel de contaminación del río Quevedo para conocer el efecto que se genera debido a la descarga constante de efluentes urbanos.

**CAPÍTULO 1**  
**MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Problema de investigación.**

### **1.1.1. Planteamiento del problema.**

Los ríos de Quevedo son considerados como no contaminados, pero en la actualidad el mal uso de los recursos hídricos nos lleva a pensar lo contrario. Las condiciones en las que se encuentran las aguas de los ríos del cantón no son las mejores debido a que existen botaderos cercanos a ríos y quebradas, mercados de mariscos los cuales por su ubicación y falta de infraestructura adecuada, para la disposición correcta de sus residuos tanto líquidos como sólidos vierten constantemente estos residuos al río, de igual manera, existen criaderos de ganado porcino a orillas del río y el camal municipal.

Según el plan de desarrollo y ordenamiento territorial de Quevedo, la biodiversidad en el cantón está disminuyendo y alterándose debido a la demanda de grandes áreas para el desarrollo productivo, la contaminación de las fuentes de agua con diferentes agentes ya sea con químicos, lixiviados, efluentes y heces fecales es cada día más fuerte. En la última década la cantidad y la calidad del recurso hídrico han disminuido significativamente, la disminución de los caudales es causada por deforestación de las cuencas hídricas, así como el aumento de volúmenes utilizados para el consumo humano y agricultura. Indican también que debido a la presencia del proyecto multipropósito Baba, en el estudio de impacto ambiental proyectado para el año 2020 se prevé la disminución del caudal y con la reducción de este, la capacidad de autodepuración de las aguas residuales domésticas descargadas al río, por lo que los indicadores tales como coliformes fecales, DBO<sub>5</sub>, sólidos suspendidos, entre otros, se elevarán sobre los límites máximos permisibles [4].

La principal fuente de contaminación de los ríos en áreas rurales son los residuos agrícolas, principalmente los agroquímicos que bajan a los ríos con escorrentía. Muchos de estos compuestos son muy tóxicos, la OMS ha dado una clasificación de los agroquímicos que más afectan al ser humano. Y los plaguicidas de uso común en la zona de Quevedo se encuentran dentro de la lista de Moderadamente peligrosos y ligeramente peligrosos.

Desde años anteriores se ha venido observando la decadencia de la calidad del agua del río Quevedo, debido a las causas anteriormente mencionadas sin que las autoridades pertinentes tomen

cartas en el asunto. Las aguas que llegan al río Quevedo ya vienen con cierto grado de alteración ya que antes de llegar a la ciudad cruzan por ríos menores como lo son el Chila, el Quindigua y el San Pablo, sectores por los cuales predomina la agricultura especialmente palma africana, banano, cacao, soya, café, plátano, arroz, maíz, maracuyá, cultivos para los cuales se utiliza químicos para el control de la maleza y estos afectan tanto a agua superficiales que se encuentran cercanas a los cultivos como a aguas subterráneas y todos estos químicos son arrastrados hasta llegar al río Quevedo.

El río Quevedo se encuentra afectado por las descargas de aguas residuales de las viviendas y por el desarrollo comercial que se da a orillas del cauce, deteriorando así la calidad de las aguas en sus propiedades fisicoquímicas y biológicas.

#### **1.1.1.1 Diagnóstico.**

La calidad del agua del río Quevedo se ve afectada en gran manera no solo por las actividades desarrolladas a riberas del río, sino por las actividades que se generan antes de que las aguas lleguen a la ciudad. Actividades como cultivo e industrias y la descarga de aguas servidas del sistema de alcantarillado de la ciudad, son las principales causas de la contaminación del río Quevedo.

La ciudad de Quevedo actualmente cuenta con un gran recurso hídrico superficial pero este se ve afectado por la presencia de monocultivos, fábricas y ganadería con grandes extensiones, todos estos sectores descargan diariamente grandes cantidades de agroquímicos al río, pero por el deficiente control de descargas está provocando cambios en la calidad del agua de cauce. Por lo que una gran oportunidad para evitar que esto siga sucediendo son los convenios con instituciones públicas donde se dediquen a la elaboración de proyectos de mitigación de los impactos generados al agua.

#### **1.1.1.2 Pronóstico.**

Si las autoridades competentes, en coordinación con la academia local, no realizan un control responsable o la implementación de una planta de tratamiento de las aguas residuales, y además, si no se efectúan monitoreos ambientales frecuentes de las condiciones del río Quevedo, entonces la

calidad del agua del principal curso superficial que atraviesa la ciudad evolucionará a niveles de contaminación física, química y microbiológica más altos, lo cual agravará las condiciones de salud de las personas que desarrollan actividades vinculadas con el río, alterará fuertemente el ecosistema para albergar especies acuáticas, y provocará el deterioro del entorno ambiental de la ciudad.

### **1.1.2. Formulación del problema.**

¿De qué manera inciden las descargas contaminantes en la calidad del agua del río Quevedo?

### **1.1.3. Sistematización del problema.**

¿La calidad de agua del río Quevedo es adecuada para uso doméstico, recreativo y pesca?

¿Qué calidad tiene el agua que los moradores de Quevedo están utilizando?

¿Qué parámetros y valores debe obtener el agua del río Quevedo para que tenga las características adecuadas para su uso?

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo General**

Evaluar la incidencia de las descargas contaminantes en la calidad de agua del río Quevedo.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

-  Determinar la cantidad de las descargas contaminantes vertidas en el río Quevedo.
-  Caracterizar fisicoquímica y microbiológicamente la corriente del río Quevedo.
-  Determinar la calidad del agua del río Quevedo aplicando índices de calidad.
-  Predecir la calidad del agua del río Quevedo con el modelo de Streeter-Phelps.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Las aguas superficiales representan la principal fuente de abastecimiento humano. Sin embargo, sus cualidades no suelen ser las necesarias para satisfacer las demandas de la población, sin comprometer el estado de salud de las personas. En virtud de ello, la presente investigación está encaminada a obtener datos que permitan realizar una evaluación general de la calidad de las aguas residuales que se descargan al río Quevedo. Por medio de este conocimiento las autoridades podrán establecer medidas preventivas y tomar las mejores decisiones posteriores en relación con su tratamiento.

Su utilidad práctica radica en la aplicación de formulaciones matemáticas, valores de parámetros, escalas y otros elementos a fin de establecer la calidad del agua para consumo humano mediante índices de calidad del agua aceptados y utilizados internacionalmente. Asimismo, proveerá de beneficios para la autoridad competente y para la población, debido que se generara información científica que permitirá conocer el estado actual del recurso hídrico y guiara la acción municipal para garantizar un acceso de la población a un agua verdaderamente apta para su uso.

**CAPÍTULO 2**  
**FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **2.1. Marco conceptual**

### **2.1.1. Agua Superficial**

Las aguas superficiales de ríos y lagos son fuentes importantes de abastecimiento de aguas públicas en virtud de las altas tasas de extracción que soportan normalmente. Una de las desventajas de utilizar aguas superficiales es que están expuestas a la contaminación [5]

Las aguas superficiales (lagos de agua dulce, ríos, lagunas, ciénagas) que son las que el hombre utiliza para desarrollar sus funciones básicas (abastecimiento de agua potable, navegación, recreación, etc.), desafortunadamente son las que se encuentran más contaminadas debido a que reciben directamente las descargas de aguas residuales sin ningún tratamiento. Muchas corrientes superficiales en el mundo se encuentran en estados avanzados de contaminación y no tienen ningún uso, excepto el de ser receptoras de desechos [6].

Las aguas superficiales, entendiéndose por aquellas que residen sobre la superficie de la Tierra, en ríos, corrientes y lagos, son importantes no solamente porque constituyen las principales fuentes de agua de consumo, sino también porque son hábitats para la vida animal [7].

### **2.1.2. Contaminación Del Agua**

Los factores que afectan a la calidad del agua de origen pueden clasificarse como naturales o humanos, en origen, y de impacto puntual o no puntual. Los factores naturales técnicos que afectan a la calidad del agua incluyen el clima, topografía y geología de los lechos de agua, nutrientes, incendios, intrusión de agua marina, y densidad de estratificación de lagos o depósitos [8].

### **2.1.3. Calidad del Agua Superficial**

La calidad del agua superficial se puede definir como: (1) Una lista de concentraciones, especificaciones y aspectos físicos de sustancias orgánicas e inorgánicas, y (2) la composición y el estado de la biota acuática presente en el cuerpo de agua. La calidad presenta variaciones espaciales y temporales debido a factores externos e internos al cuerpo de agua [9].

El agua se contamina cuando la descarga de residuos perjudica la calidad del agua o perturba el equilibrio ecológico natural. Los contaminantes causan problemas comprenden organismos causante de enfermedades, materia orgánica, sólidos y sustancias tóxicas (4).

#### **2.1.4. Clasificación de las aguas superficiales**

##### **2.1.4.1 Ríos**

Las aguas que discurren por la superficie de las tierras emergidas son muy importantes para los seres vivos, a pesar de que suponen una ínfima parte del total de agua que hay en el planeta. Su importancia reside en la proporción de sales que llevan disueltas, muy pequeña en comparación con las aguas marinas. Por eso decimos que se trata de agua dulce [10].

En general proceden directamente de las precipitaciones que caen desde las nubes o de los depósitos que estas forman. Siguiendo la fuerza de la gravedad, los ríos discurren hasta desembocar en el mar o en zonas sin salida que llamamos lagos [10]

##### **2.1.4.2 Esteros**

Terreno inmediato a la orilla de una ría por la cual se extienden las aguas de las mareas. [11]

Terreno pantanoso que suele llenarse de agua por la lluvia o por la filtración de un río o laguna cercana y en el que abundan las plantas acuáticas. [12]

##### **2.1.4.3 Lagos**

Los lagos pertenecen a la categoría de las aguas quietas o leníticas. Un lago o laguna es una extensión de agua rodeada de tierra por todas partes, y una laguna como algo similar, pero más pequeño. Ambas definiciones coinciden en considerar a un lago como una unidad discreta del paisaje [13].

Un lago es un sistema abierto y continuo por la interacción constante con su entorno, pues forman parte de una unidad mayor que incluye su cuenca de drenaje y el intercambio con la atmósfera. Los

lagos y lagunas no son elementos permanentes del paisaje y están destinados a desaparecer por causa de la acumulación de sedimentos y materia orgánica [13].

### **2.1.5. Hidrodinámica**

La hidrodinámica es el componente de la mecánica de los fluidos encargado del estudio de los fluidos en movimiento. El estudio del escurrimiento de los fluidos es complejo y debido a que su descripción no puede realizarse totalmente desde el punto de vista teórico basado en el análisis matemático, hay necesidad de recurrir a la experimentación con el fin de poder describir de manera precisa su comportamiento [14].

El movimiento de un fluido puede ser descrito totalmente, cuando se conoce la velocidad en el espacio de cada una de sus partículas en todo momento.

Los principios fundamentales en los que se basa la hidrodinámica son:

- Ley de conservación de la masa a partir de la cual se deduce la ecuación de continuidad.
- Ley de conservación de la cantidad de movimiento a partir de la que se deducen ciertas ecuaciones como empuje hidrodinámico.
- Ley de conservación de la energía (ecuación de Bernoulli) [15]

#### **2.1.5.1 Velocidad de corriente**

La determinación de velocidad de la corriente y el caudal puede realizarse de muchas formas. Las esclusas, compuertas, caños debajo de caminos o represas suelen ser muy útiles para calcular el flujo, midiendo directamente con un recipiente y un cronómetro el volumen descargado por unidad de tiempo [16].

#### **2.1.5.2 Caudal**

Es el volumen de fluido por unidad de tiempo que atraviesa una sección transversal a la corriente. Así, por ejemplo, en una tubería de agua, el caudal representa los litros por hora que circulan a través de un plano transversal a la tubería, su unidad es  $\text{m}^3/\text{s}$ . (SI) [15].

Volumen de agua que pasa a través de una sección transversal de un cuerpo de agua en una unidad de tiempo. Se mide en m<sup>3</sup>/s, medidos generalmente en la desembocadura; se obtiene multiplicando la superficie de la sección del curso de agua por la velocidad media del agua que lo recorre [17].

Si la velocidad de la corriente ( $v$ ) es paralela a la superficie ( $A$ ), el caudal que le atraviesa es nulo ( $Q=0$ ). Si la velocidad media del flujo es un vector perpendicular a la sección se cumplirá que:

$$Q = v \cdot A$$

$v$ = velocidad media

$A$ = área de la sección transversal

- **Caudal medio:** si se mide todo el volumen de fluido escurrido en cierto tiempo por una sección determinada, y lo dividimos por todo el tiempo que ha tardado en escurrir, obtendremos el caudal medio [15].
- **Caudal instantáneo:** si se considera un lapso muy pequeño, habrá escurrido un volumen también muy pequeño. La relación entre el segundo y el primero es una cantidad bien precisa [15].

### 2.1.5.3 Métodos para medir caudales

Entre los más conocidos tenemos los siguientes:

- Volumétrico.
- Método área velocidad.
- Dilución con trazadores.
- Método área pendiente.
- Vertederos de aforo

### 2.1.5.4 Método volumétrico

La forma más sencilla de calcular los caudales pequeños es la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido. La corriente se desvía hacia un canal o tubería que descarga en un recipiente adecuado y el tiempo que demora su llenado se mide por medio de

un cronómetro. Para los caudales de más de 4 l/s, es adecuado un recipiente de 10 litros de capacidad que se llenará en segundos (Ver Figura 4.1). Para caudales mayores, un recipiente de 200 litros (Turriles) puede servir para corrientes de hasta 50 l/s [18]

El tiempo que se tarda en llenarlo se medirá con precisión, especialmente cuando sea de sólo unos pocos segundos. La variación entre diversas mediciones efectuadas sucesivamente dará una indicación de la precisión de los resultados [18].

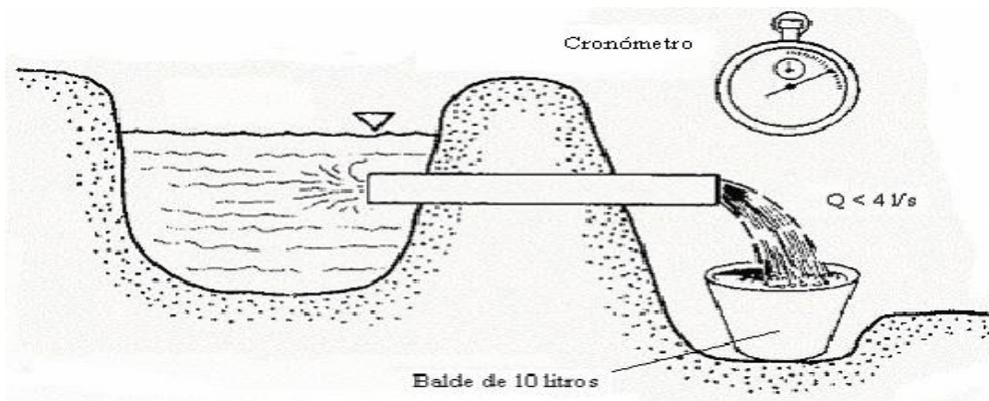
Se deben realizar por lo menos 5 pruebas para obtener un caudal promedio. Nunca se debe llenar todo el turril, sólo hasta cierta altura, por lo que se deberá tener dentro del turril una escala que indique cual es el volumen. El proceso para calcular el caudal con este método es el siguiente:

Conocer el volumen del contenedor. [V]

Medir el tiempo de llenado. [t]

$$Q = \frac{V}{t}$$

Figura 1. Método volumétrico para caudales menores a 4 lts/seg



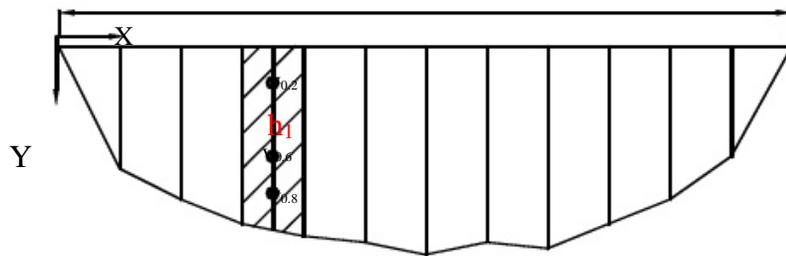
Fuente: Mario L. medición de caudal.

### 2.1.5.5 Método de velocidad – área

Con este método se mide la velocidad del agua superficial que discurre de la fuente tomando el tiempo que demora un objeto flotante en llegar de un punto a otro en una sección uniforme [19]

Se toma un trecho de la corriente; se mide el área de la sección; se lanza un cuerpo que flote, aguas arriba de primer punto de control, y al paso del cuerpo por dicho punto se inicia la toma del tiempo que dura el viaje hasta el punto de control corriente abajo. El resultado de la velocidad se ajusta a un factor de 0.8 a 0.9 [19]

Figura 2 Sección transversal para el método área velocidad



Fuente: Lampoglia A,&B. Orientaciones sobre agua y saneamiento para zonas rurales.  
Elaboración: Autora

### 2.1.5.6 Régimen de flujo

El patrón de flujo a veces llamado régimen de flujo, describe la manera como los fluidos se dispersan en una corriente. Cuando el gas y el líquido fluyen simultáneamente en una tubería, las fases pueden distribuirse en una notable variedad de patrones, los cuales difieren entre sí de acuerdo con la distribución espacial que adquiera cada una de las fases, generando características de flujo diferentes y particulares para cada patrón [20].

### 2.1.6. Indicadores de contaminación del agua

#### 2.1.6.1 Indicadores físicos

Los parámetros de calidad física determinan de forma cualitativa el tipo y estado del agua. Los parámetros de calidad química determinan que sustancias determinadas se encontraban presentes en el agua recolectada en el momento y punto específico que se tomó la muestra [21]

De acuerdo con Clary (1997) químico de la University College de Londres, el agua no empieza a comportarse como un líquido hasta que se agrupan 6 moléculas. Encontró que un grupo de 5 moléculas o menos formaban estructuras planas de una molécula de espesor. Sin embargo, cuando se añadía la sexta molécula, el grupo cambiaba a una estructura tridimensional en forma de jaula que repentinamente tiene las propiedades del agua: se vuelve húmedo [22].

Otras características físicas del agua que interesan son algo más fáciles para la exposición que tenemos en mano; a saber, categorías y parámetros a usa para definir la calidad física del agua de un abastecimiento de agua en particular. Una de esas categorías incluye las características físicas detectables con los sentidos, o sea el olor, gusto o sabor, vista y tacto. El sabor y olor, color, temperatura, turbidez y contenido de solidos están dentro de esta categoría [22].

#### **2.1.6.2 Temperatura**

La temperatura es tal vez el parámetro más importante del agua. Además de afectar la viscosidad y velocidad de las reacciones químicas, intervienen en el diseño de la mayoría de los procesos de tratamientos del agua (coagulación, sedimentación) [23].

El agua posee muchas cualidades térmicas importantes. Por ejemplo, tiene un elevado calor específico. No está sometida a fluctuaciones de temperatura rápidas ya que puede absorber grandes cantidades de calor como cambios relativamente pequeños de temperatura. La temperatura del agua cambia gradualmente como consecuencia de cambios estacionales. La temperatura del aire circulante influirá más en las masas pequeñas de agua, que en las grandes [22].

La temperatura no se utiliza normalmente para evaluar el agua más allá de la preferencia de la mayor parte de las personas por el agua de bebida fría; la temperatura tiene poca importancia en los suministros públicos de agua. La temperatura, no obstante, es uno de los parámetros más importantes de los sistemas de agua superficial ya que están sometidos a grandes cambios [22]

#### **2.1.6.3 Color**

El color es una característica física del agua que permite identificar si el agua se encuentra en óptimo estado o no. El color amarillento o marrón indica oxidación del hierro; otros contaminantes

pueden causar colores como verde o azul. El color cambia con la turbidez, que es el aspecto nuboso [22].

El color de un agua se debe, fundamentalmente, a diferentes sustancias coloreadas existentes en suspensión o disueltas en ella. En aguas naturales el color proviene de las numerosas materias orgánicas procedentes de la descomposición de vegetales, así como de diversos productos y metabolitos orgánicos que habitualmente se encuentran en ellas. Además, la presencia de sales solubles de Fe y Mn también produce un cierto color en el agua [24].

#### **2.1.6.4 Turbidez**

La turbidez es considerada como una buena medida de la calidad del agua, que mide el grado de transparencia que pierde el agua debido a la presencia de partículas en suspensión como la arena, arcilla y otros materiales que se encuentran en suspendidos en el agua. La turbidez será alta mientras más sucia se encuentre el agua [25].

La presencia de materias diversas en suspensión, arena, limos, coloides orgánicos, plancton y otros organismos microscópicos da lugar a la turbidez en un agua. Estas partículas (de dimensiones variables, desde 10, hasta diámetros de orden 0,1 mm) se pueden asociar a tres categorías: minerales, partículas orgánicas húmicas y partículas filamentosas [24].

Desde el punto de vista del agua de consumo humano, se suelen correlacionar valores altos de turbidez con la aparición de bacterias y virus. Por otro lado, los compuestos de orgánicos productores de turbidez poseen un notable efecto adsorbente sobre los posibles plaguicidas pesticidas en general existentes en un agua, dificultando de esta forma su eliminación [24].

#### **2.1.6.5 Indicadores químicos**

Los parámetros químicos del agua están divididos en dos grupos básicos: orgánicos e inorgánicos. Ambos entran en el agua por causas naturales o por contaminación. La capacidad para disolver que posee el agua está directamente relacionada con sus parámetros químicos [22].

### **2.1.6.6 Potencial de Hidrogeno (pH)**

Indica las concentraciones de iones de hidrógeno en el agua [26]. Los cambios de pH en el agua son importantes para muchos organismos, la mayoría de ellos se han adaptado a la vida en el agua con un nivel de pH específico y pueden morir al experimentarse cambios en el pH. Ácidos minerales, carbónicos y otros contribuyen a la acidez del agua, provocando que metales pesados puedan liberarse en el agua [27].

El pH influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución. Aunque podría decirse que no tiene efectos directos sobre la salud, sí puede influir en los procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección [28].

Es un parámetro básico indica el grado de acidez o basicidad del agua. Este parámetro tiene mucha influencia en una serie de reacciones que ocurren en el agua. Por lo general, un agua con pH menor de 6,0 es considerada agresiva y corrosiva para los metales.

Un pH ácido en el agua no necesariamente indica la presencia de ácidos, pues algunas sales como las de aluminio pueden generar pH 4 por hidrólisis. El pH tiene gran importancia en el tratamiento del agua, especialmente en la coagulación, desinfección y estabilización [28].

La estabilidad del agua depende del pH. Una planta de tratamiento debe producir agua que no sea ni corrosiva ni incrustante. En la práctica, esto significa que el pH del agua tratada debe ser ligeramente mayor que el pH de saturación. En otras palabras, el índice de saturación debe ser ligeramente positivo [28].

### **2.1.6.7 Oxígeno disuelto (OD)**

Es un parámetro indicativo de la calidad de un agua. Se determina “in situ” mediante electrodo de membrana (UNE-EN 25814:1994) o por yodometría fijando el oxígeno con sulfato de magnesio (UNE-EN 25813:1994), expresándolo como mg/L de oxígeno disuelto en la muestra de agua. Deben tomarse las debidas precauciones para no arrastrar ni disolver oxígeno del aire durante la manipulación de la muestra, efectuándose el ensayo antes de cuatro días, conservando las muestras en recipientes de vidrio en ausencia de luz [29].

El valor máximo de OD es un parámetro muy relacionado con la temperatura del agua (figura 1) y disminuye con ella. La concentración máxima de OD en el intervalo normal de temperaturas es de aproximadamente 9 mg/L, considerándose que cuando la concentración baja de 4 mg/L, el agua no es apta para desarrollar vida en su seno [29].

La determinación de OD es el fundamento del cálculo de la DBO y de la valoración de las condiciones de aerobividad de un agua. En general, todo proceso aerobio requiere concentraciones de OD mayor a 0,5 mg/l [30].

Los factores que influyen en el valor de la concentración de saturación de oxígeno en el agua son, por orden de importancia, temperatura del agua, sólidos disueltos (salinidad), presión atmosférica y presión parcial del vapor de agua [31].

#### **2.1.6.8 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

Es la cantidad de oxígeno requerido por la bacteria para estabilizar la materia orgánica capaz de ser descompuestas bajo condiciones aerobias [22]

Es la cantidad de oxígeno expresada en mg/l (ppm) y consumida en condiciones de ensayo (20°C, presión atmosférica y oscuridad) en un tiempo dado, como consecuencia de la oxidación (por vía biológica) de las materias biodegradables presentes en el agua residual

La demanda bioquímica de oxígeno es muy importante para controlar la calidad del agua y los tratamientos de aguas residuales así como el monitoreo de sitios naturales con una gran cantidad de humedad. Este parámetro nos permite calcular la cantidad de materia orgánica biodegradable presente en el agua. La masa puede generar una depresión de oxígeno disuelto en el cuerpo de agua receptora, siendo capaz de generar incidentes de mortalidad masiva para la fauna acuática por falta de oxígeno [32].

La DBO es el parámetro más usado para medir la calidad de aguas residuales y superficiales, para determinar la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua, para diseñar unidades de tratamiento biológico, para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y para fijar las cargas orgánicas permisibles en las fuentes receptoras [30].

### **2.1.6.9 DQO**

Equivale a la cantidad de oxígeno consumido por los cuerpos reductores presentes en un agua sin la intervención de los organismos vivos.

La eliminación de la materia orgánica se lleva a cabo mediante la coagulación-floculación, la sedimentación y la filtración. Sin embargo, cuando la fuente de agua cruda tiene una carga orgánica y bacteriana muy grande —caso en el que la DBO5 puede alcanzar valores muy altos—, será necesaria una precloración, que debe constituirse en un proceso adecuadamente controlado [28].

Lo deseable es que las fuentes de agua cruda no presenten una carga orgánica elevada. Por la naturaleza de estos parámetros, las normas de calidad de agua establecen que los causantes de la contaminación orgánica deben estar ausentes en las aguas para consumo humano [28].

### **2.1.6.10 Alcalinidad**

(UNE EN ISO 9963-1-1996 y UNE EN ISO 9963-2-1996) indican que la alcalinidad Es la capacidad de reaccionar con los iones hidrógeno del agua, estando provocada mayoritariamente por los iones carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) y bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), aunque está también influida por el contenido en otros como boratos, fosfatos, silicatos y oxidrilos. Se determina por valoración con ácido, determinando los puntos de equivalencia mediante electrodo selectivo de pH o indicadores adecuados, obteniéndose de los puntos de inflexión o puntos de equivalencia los valores de alcalinidad compuesta (carbonatos pH  $\approx 8,3$ ) y la alcalinidad total (bicarbonatos + carbonatos pH  $\approx 4,5$ ). Las condiciones de almacenamiento de muestras son similares a las de la determinación de acidez [29].

### **2.1.6.11 Conductividad**

(UNE EN 27888-1993): El agua pura se comporta como aislante eléctrico, siendo las sustancias en ella disueltas las que proporcionan al agua la capacidad de conducir la corriente eléctrica. Se determina mediante electrometría con un electrodo conductimétrico, expresándose el resultado en microsiemens  $\text{cm}^{-1}$  ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ). Es una medida indirecta de la cantidad de sólidos disueltos estando relacionados ambos mediante la expresión empírica [29].

$$SD \text{ (mg/L)} = 0,8 \cdot \Lambda_0 \text{ (}\mu\text{S cm}^{-1}\text{)}$$

Las muestras deben analizarse preferiblemente “in situ”, o conservarse en frascos de polietileno, nunca de vidrio sódico, en nevera (2-4 °C) y obscuridad durante un máximo de 24 h, teniendo la precaución de termostatarlas a 25 °C antes de realizar la determinación [29].

#### **2.1.6.12 Dureza**

Según la (UNE 77040-1983) la dureza es otra forma de indicar el contenido iónico de un agua, refiriéndolo a la concentración total de iones calcio, magnesio, estroncio y bario, aunque se debe fundamentalmente a los dos primeros. La presencia de este tipo de iones en el agua suele ser de origen natural, y raramente antrópica. Se obtiene a partir de la determinación por separado del contenido en calcio y magnesio de la muestra o de manera conjunta por compleximetría con EDTA, expresándose en diferentes unidades, siendo mg de Ca<sup>2+</sup> equivalente/L la indicada por la U.E. [29]

El problema de las aguas duras se centra en la formación de precipitados insolubles de carbonatos e hidróxidos que al depositarse sobre tuberías y equipos pueden causar problemas de funcionamiento en calderas de vapor, intercambiadores de calor, filtros, etc.

#### **2.1.6.13 Indicadores microbiológicos**

Cada especie tiene unas características ecológicas para sobrevivir. Cuando estas características no son las óptimas, los organismos desaparecen o muestran los efectos de las posibles carencias. Esto permite asignar a cada especie un valor de sensibilidad, valor que se usará en el cálculo del índice [33].

#### **2.1.6.14 Coliformes totales**

Los coliformes totales son indicadores de la contaminación del agua con materia orgánica de origen fecal de humanos y animales [34]

A nivel mundial los coliformes totales son ampliamente utilizados por ser fáciles de detectar y cuantificar en la potabilización del agua, abarca un sin número de bacterias de tipo bacilos, Gram

negativas que se reproducen en presencia de sales biliares, estos coliformes son eliminados del agua mediante aplicación de procesos como la desinfección con la aplicación de cloro, radiación UV y ozonización [35].

#### **2.1.6.15 Coliformes fecales**

Los coliformes fecales son bacterias que viven en el tracto intestinal de animales de sangre caliente. Son excretadas en los residuos sólidos de los seres humanos y otros mamíferos. Los coliformes fecales entran en el agua por medio de:

- Aguas residuales no tratadas, o tratadas inadecuadamente, en sistemas municipales, fosas sépticas o a causa de desbordamiento de cloacas o desagües.
- Escorrentías de establos, zonas de pasto o praderas.
- Flujo difuso de aguas residuales en actividades tales como la construcción, camping, etc.

Las bacterias coliformes fecales no suponen peligro para el hombre ni para los animales, generalmente. Donde están presentes, sin embargo, están también presentes las bacterias causantes de enfermedades. A diferencia de los coliformes fecales, las bacterias causante de enfermedades no sobreviven mucho tiempo fuera de los cuerpos de animales de manera que puedan ser detectadas en el agua.

Esto hace que el seguimiento directo sea difícil. Los profesionales en agua potable y los funcionarios de salud pública consideran los coliformes fecales como indicador de la presencia en el agua de bacterias causantes de enfermedades [22]

#### **2.1.7. Calidad del agua**

La calidad del agua se define como el conjunto de características del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso específico, la relación entre esta calidad del agua y las necesidades del usuario. También la calidad del agua se puede definir por sus contenidos de sólidos y gases, ya sea que estén presentes en suspensión o en solución [36].

Es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua con el contenido de las normas que regulan la materia [37].

Desde perspectiva de la complejidad de los elementos que establecen la calidad del agua y la gran cantidad de variables que se utilizan para detallar el estado de los cuerpos de agua en términos de cantidad, es decir expresar una definición simple de lo que es calidad del agua. Asimismo, las ciencias sobre calidad del agua se han desarrollado con el pasar del tiempo a medida que ha aumentado su demanda en para diferentes usos y han renovado los métodos para analizar y comprender sus propiedades [38]

#### **2.1.7.1 Criterios de calidad y estándares**

El agua contiene diversas sustancias químicas, físicas y biológicas disueltas o suspendidas en ella. Desde el momento en que se condensa en forma de lluvia, el agua disuelve los componentes químicos de sus alrededores a medida que cae a través de la atmosfera, corre sobre la superficie del suelo y se filtra a través del mismo [5].

Los requisitos para la calidad del agua se establecen de acuerdo con el uso al que se destina la misma. Los estándares de calidad del agua también son fundamentales para vigilar los procesos de tratamiento [5].

#### **2.1.7.2 Índices de calidad del agua**

La valoración de la calidad del agua puede ser entendida como la evaluación de su naturaleza química, física y biológica en relación con la calidad natural, los efectos humanos y usos posibles [39]. Para simplificar la interpretación de los datos de su monitoreo, existen índices de calidad de agua (ICA) e índices de contaminación (ICO), los cuales reducen una gran cantidad de parámetros a una expresión simple de fácil interpretación entre técnicos, administradores ambientales y el público en general.

La principal diferencia entre unos y otros está en la forma de evaluar los procesos de contaminación y el número de variables tenidas en cuenta en la formulación del índice respectivo [40].

Los índices de calidad del agua son instrumentos de diagnóstico previo que pueden ayudar a determinar el alcance espacial, causalidad, naturaleza e intensidad de los efectos causados por los contaminantes. La calidad no es un concepto absoluto y debe estar en relación con un uso concreto predeterminado [41]

El índice de calidad del agua (ICA) indica el estado sanitario de las corrientes. Para calcular el índice de calidad de agua se toman en cuenta datos que brindan detalles sobre el estado ambiental de la corriente en un lugar y momento específico y para un escenario climático determinado, para esto se basan en variables ambientales como lo son los parámetros fisicoquímicos y los parámetros microbiológicos [42].

El índice de calidad del agua es un índice general, es decir, este se basa en el supuesto de que la calidad del agua es un atributo general de las superficies del agua, independientemente del uso para el cual es destinada. Para calcular el índice de calidad de agua es necesario realizar un muestreo y aplicar la ecuación de cálculo del ICA. Durante el muestreo se deben de realizar aforos de caudal y tomar muestras para análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

### **2.1.7.3 ICA**

Un ICA es un número único que expresa la calidad del recurso hídrico mediante la integración de las mediciones de determinados parámetros de calidad del agua y su uso es cada vez más popular para identificar las tendencias integradas a los cambios en la calidad del agua [43].

Torres P, Cruz C, Patiño P (2009), definen los ICA como una expresión simple de una combinación más o menos compleja de un número de parámetros que sirven como expresión de la calidad del agua; el índice puede ser representado por un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo o incluso un color.

Los índices de calidad del agua son herramientas que permiten asignar un valor de calidad al medio a partir del análisis fisicoquímico y microbiológico de diferentes parámetros, su combinación da una visión más precisa del estado ecológico y el estado del medio biológico [44]

#### 2.1.7.4 ICA NSF

De los índices de calidad del agua elaborados con base en parámetros fisicoquímicos el más utilizado en nuestro medio es el ICA desarrollado por la NSF. El índice de calidad de agua “wáter Quality Index” (WQI), fue desarrollado en 1970 por la National Sanitation Foundation (NSF) de Estados Unidos, por medio del uso de la técnica de investigación Delphi de la “Rand Corporation`s” (Ball y Church 1980). [6]

Esta técnica es utilizada comúnmente en paneles de expertos, que para la época fueron 142. El INSF, tiene la característica de ser un índice multiparámetro, y se basó en tres estudios [6].

En el primero, se probaron 35 variables de contaminación incluidos en el índice, los expertos opinaron sobre ellos y clasificaron los mismos en tres categorías de acuerdo a si el parámetro debía ser: “no incluido”, “indeciso” o “incluido”. Dentro de los incluidos debían dar una clasificación de 1 a 5, de acuerdo a su mayor o menor importancia, siendo 1 la clasificación más significativa. Igualmente tuvieron la oportunidad de incluir más variables. (Ott, 1978; Brown et al., 1970) [6]

En un segundo estudio, se dio la evaluación comparativa de las respuestas dadas por todos los expertos, de tal manera que se modifican las respuestas si se determinaba conveniente. Como resultado de este segundo estudio, nueve fueron las variables identificadas de mayor importancia; Oxígeno disuelto, Coliformes fecales, pH, DBO<sub>5</sub>, Nitratos, Fosfatos, Desviación de la Temperatura, Turbidez y Solidos Totales.

Finalmente, en el tercer estudio, los participantes fueron cuestionados sobre el desarrollo de una curva de valoración para cada variable. Los niveles de Calidad de agua tuvieron un rango de 0 a 100 que fueron localizadas en las ordenadas y los diferentes niveles de las variables en las abscisas. Cada participante realizo la curva que pensó que representaba la variación de la calidad del agua, causada por el nivel de contaminación de las variables, estas curvas fueron conocidas como “Relaciones Funcionales” o “Curvas de Función”. (Ott, 1978; Brown et al., 1970) [6].

El establecimiento de los pesos para los subíndices, fue una tarea crítica. Era importante que los pesos sumaran uno, con la atenuante de tener en cuenta las valoraciones dadas por los expertos. Para lograr esto, se calcularon promedios aritméticos de las valoraciones

Para todas las variables; los pesos temporales eran calculados dividiendo la importancia de cada parámetro sobre la valoración del peso de la variable de mayor importancia, es decir el oxígeno disuelto. Así, los pesos temporales eran divididos individualmente entre las sumas de los pesos temporales, lo que produjo los pesos finales. Estos pesos fueron: OD, 0.16; CF, 0.15; pH, 0.12; DBO<sub>5</sub>, 0.10; nitratos, 0.10; fosfatos, 0.10; Desviación de la T°, 0.10; turbiedad, 0.08; y ST, 0.08.

#### **2.1.7.5 ICA DINIUS (1987)**

Mario Castro en su art. Indicadores de la calidad del agua [45] manifiesta que Dinius hizo un intento por diseñar un sistema de contabilidad social rudimentaria que midiera los costos y el impacto de los esfuerzos de control de la contaminación y se aplica ese índice a título ilustrativo a los datos de varios arroyos en Alabama, EE.UU.

Para la determinación de los ICA se planteó un ICA conformado por nueve variables fisicoquímicas y dos microbiológicas; por su parte el ICA INSF (Índice del National Science Foundation) está constituido por ocho variables fisicoquímicas y un elemento biótico: las coliformes fecales [46].

Utilizando el método de índice presentado por Delphi este indicador, a diferencia del ICA-NSF, cuya clasificación está orientada a aguas destinadas a ser empleadas como fuente de captación para consumo humano, considera 5 usos del recurso: consumo humano, agricultura, pesca y vida acuática, industrial y recreación [46].

Los subíndices del índice Dinius fueron desarrollados a partir de una revisión de la literatura científica publicada. Dinius examinó la calidad del agua descrita por diversas autoridades y diferentes niveles de variables contaminantes, y a partir de esta información genera 11 ecuaciones subíndice. El índice se calcula como la suma ponderada de los subíndices, como el índice de Horton, y la versión de aditivo de la NSF [46].

### 2.1.8. Análisis multivariante

El análisis multivariante (AM) es la parte de la estadística y del análisis de datos que estudia, representa e interpreta los datos que resulten de observar un número mayor a 1 de las variables estadísticas sobre una muestra de “n” sujetos. Las variables observables son correlacionadas, sin que alguna predomine sobre las demás. La información estadística en AM es de carácter multidimensional, por lo tanto la geometría, el cálculo matricial y las distribuciones multivariantes juegan un papel fundamental [47]

### 2.1.9. Modelo de Streeter y Phelps

El Modelo de Streeter y Phelps, o también llamado Modelo de Disminución de Oxígeno, predice los cambios en el déficit de oxígeno como una función de la DBO ejercida y de la re aireación de la corriente. Cuando el agua que contiene materia orgánica biodegradable está expuesta al aire, absorbe oxígeno de la atmósfera para reemplazar el oxígeno disuelto que se consume en satisfacer la DBO. Los procesos de desoxigenación y re oxigenación ocurren simultáneamente. Si la velocidad de desoxigenación es más rápida que la velocidad de re oxigenación, se incrementa el déficit de oxígeno. Si el contenido de oxígeno es cero, no se pueden mantener condiciones aerobias y se presentarán condiciones sépticas, lo que se condice con el aumento de la velocidad de degradación de la materia orgánica.

En el Modelo Streeter y Phelps, la concentración del contaminante orgánico en el curso de agua se evalúa en función de la tasa de flujo de entrada  $f_{BOD}$  [kg/m<sup>3</sup>/s] y la velocidad de degradación  $K_1$  [1/s].

Las siguientes ecuaciones diferenciales ordinarias definen el comportamiento del sistema en términos de la degradación [48].

#### *Ecuación (EDO) DBO en función del tiempo*

$$\frac{\partial C_{BOD}}{\partial t} = f_{BOD} - k_1 C_{BOD}$$

*Ecuación (EDO) OD en función del tiempo*

$$\frac{\partial C_{BOD}}{\partial t} = k_2(C_{OD,sat} - C_{OD}) - k_1 C_{BOD}$$

El  $C_{DO}$  corresponde a la concentración de oxígeno y está determinada por el proceso de re aireación, mencionado anteriormente. La re aireación trae oxígeno en el agua; muchos procesos aportan a la re aireación, en particular el contacto con el aire atmosférico. Si el tiempo de contacto es lo suficientemente largo, se establece el equilibrio entre la presión parcial de oxígeno en el aire,  $P_{O_2}$ , y  $C_{DO}$  [48].

## 2.2. Marco Referencial

En el año 2010, Díaz propuso el diseño de una red de monitoreo de la calidad del agua para la ciudad de Quevedo. El área de estudio comprendió la zona céntrica del río Quevedo, se identificó las fuentes directas de contaminación. Obteniendo como resultado un total de 18 fuentes directas de contaminación (efluentes municipales), que descargan directamente al río Quevedo; nueve puntos de descargas continuas en la orilla izquierda y nueve puntos de descargas continuas en la orilla derecha, determinando que el área central de la ciudad es la de mayor cantidad de descargas. También realizó un monitoreo de la calidad del agua en la periferia de la ciudad de Quevedo, para lo cual realizó un análisis multivariante para determinar los parámetros que más inciden en la calidad del agua. Obteniendo como resultado que de todos los valores obtenidos en los parámetros analizados, los causantes de variabilidad son: pH y OD [49].

Álvarez, Panta, Ayala y Acosta en el 2008 desarrollaron una investigación en México donde utilizaron el índice de calidad del agua como método estandarizado para comparar la categoría de manera integral, entre localidades y a través del tiempo, de los distintos almacenamientos de agua, ríos y arroyos de la cuenca del Amajac. La metodología utilizada se basó en la expresión cuantitativa de calidad del agua. Se hicieron tres muestreos y se determinó: Oxígeno disuelto, Coliformes Fecales, pH, Demanda bioquímica de oxígeno, Nitratos, Fósforo total, Turbidez y Sólidos Totales Disueltos. Para predecir la calidad del agua (ICA), se hizo un análisis de regresión múltiple entre el ICA y los ocho parámetros analizados. Posteriormente, para cada variable como resultado se obtuvo que: la calidad del agua para uso urbano, piscícola, y agrícola fue de calidad Media con un rango de (ICA = 50-69). Y se determinó que el 12% de la cuenca hidrológica del Río Amajac se encuentra altamente contaminada (ICA < 30).

Patricia Torres, Camilo H Cruz, Paola Patiño, Juan Carlos Escobar y Andrea Pérez en el año 2010 realizaron una investigación en el río Cauca: Colombia sobre la aplicación de índices de calidad de agua-ICA orientados al uso de la fuente para consumo humano. Donde hicieron un análisis comparativo de la aplicación de los índices ICA-NSF, ICA Dinius, ICAUCA y UWQI en cinco puntos del río Cauca localizados en el tramo Salvajina, Bocatoma y Puerto Mallarino. Se descubrió

que el río presenta un deterioro creciente a medida que es afectado por las actividades socioeconómicas desarrolladas en su cuenca, presentando calidad entre regular y mala [50].

Los índices de calidad de agua como Dinius, NSF, BMWP son unos de los más usados ya que son métodos estandarizados internacionalmente, los cuales permiten identificar la calidad del agua mediante rangos ya establecidos.

González, Caicedo, Aguirre en su artículo titulado Application of water quality indices NSF, DINIUS and BMWP, del año 2013 evaluaron la calidad de agua de la quebrada “La Ayurá” (Antioquia, Colombia), mediante la aplicación de los índices de Calidad de la Fundación Nacional de Saneamiento (NSF), Dinius y el índice biótico BMWP/Col. Se determinaron variables fisicoquímicas y microbiológicas, además se realizaron muestreos cualitativos y cuantitativos de macroinvertebrados acuáticos. El empleo de esta metodología permitió conocer el estado fisicoquímico y de la comunidad biológica en los diferentes sitios. Los resultados fisicoquímicos, microbiológicos y de macroinvertebrados, mostraron que en la estación 1 se presenta una buena calidad del agua y en las estaciones 2 y 3 un deterioro medio de la calidad del agua [51].

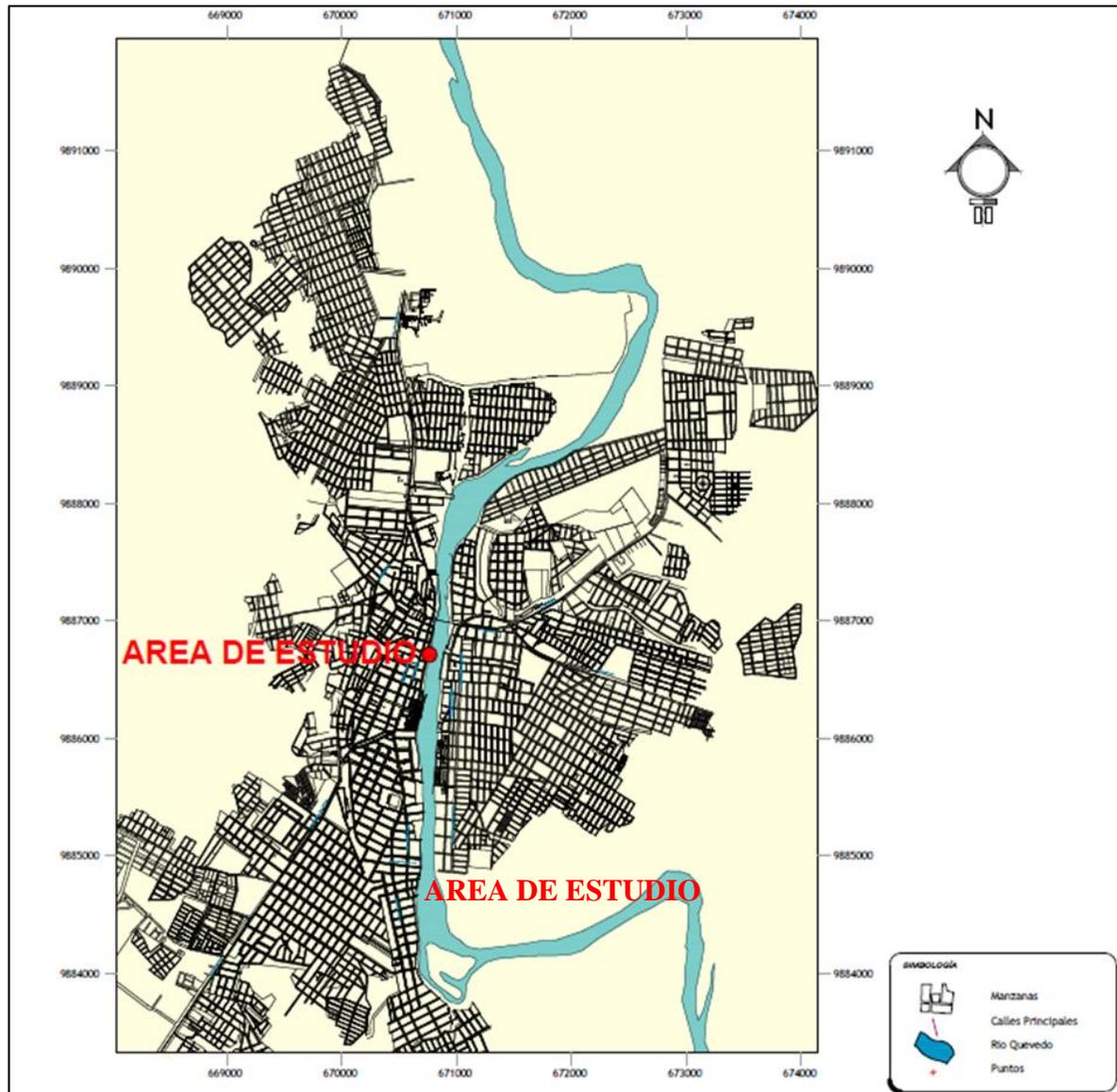
En la ciudad de México en el año 2013 Raquel Montes, Inés Navarro, Ramón Domínguez, Blanca Jiménez manipularon el modelo de StreeterPhelps para medir el impacto de la variabilidad climática tanto para condiciones actuales como para escenarios de cambio climático durante lluvias y estiaje. Se obtuvieron proyecciones para oxígeno disuelto (OD) y la demanda biológica de oxígeno (DBO), a partir del comportamiento del escenario actual; así como proyecciones de precipitación y temperatura, obtenidos de dos modelos de circulación general para el año 2020. Se encontró que tanto para el escenario actual como para los escenarios con cambio climático, la temporada posible más crítica para la degradación de la DBO es la época de estiaje, con porcentajes de remoción entre 6.8 y 13.4%, aunque con mayores porcentajes de recuperación para el OD (13%). Para la época de lluvias se observa que habría una menor biodegradabilidad (entre 4.3 y 6.0%), con recuperación del OD < 7.7%, en relación con la época de estiaje [52].

**CAPÍTULO 3**  
**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### 3.2. Localización

La presente investigación fue realizada en el río Quevedo ubicado en el cantón con el mismo nombre perteneciente a la provincia de los Ríos. Sus coordenadas UTM son: Latitud Sur  $1^{\circ}02'00''\text{S}$  Longitud occidental  $79^{\circ}27'00''\text{O}$ , dentro de una zona subtropical con una temperatura habitual es de unos 20 a  $33^{\circ}\text{C}$ , una precipitación anual que oscila entre 3.000 a 4.000 mm.

Gráfico 1 Área de estudio



### **3.3. Tipo de Investigación**

En el presente proyecto de investigación se utilizan los siguientes métodos de investigación:

Investigación exploratoria que consiste en dar una visión general, de tipo aproximativo, respecto a la realidad de la calidad de agua que se presenta en el río Quevedo. Se ha seleccionado este tipo de investigación ya que se realiza especialmente cuando un lugar como este ha sido poco explorado y se ve la necesidad de su estudio. Además, de una investigación explicativa la cual permite describir las conclusiones explícitas basadas en los resultados de esta investigación.

### **3.4. Métodos de investigación**

Los métodos de investigación son procedimientos que se aplican para lograr los objetivos de una investigación, para lograr su meta deseada. En la presente investigación se emplearon los siguientes métodos:

- Método Observación Científica: La observación permitió conocer los puntos donde se encuentran las descargas del río Quevedo y la realidad en la que se hallan cada una de ellas.
- Método inductivo: Consintió en describir la realidad del río Quevedo con la ayuda de los modelos de calidad de agua.
- Método analítico: Se basa en la ejecución de los índices de calidad de agua NSF y Dinius así como las ecuaciones del modelo de Streeter y Phelps

### **3.5. Fuentes de recopilación de información.**

En el presente estudio de la calidad del agua del río Quevedo se utilizaron las siguientes fuentes de información

- Fuentes primarias.- Toma de muestras de agua en el río Quevedo y análisis de las mismas en el laboratorio de la Empresa Pública Municipal Agua Potable y el laboratorio de la Universidad PUCE.

- Fuentes secundarias. Artículos científicos, Documentos online, Revistas científicas, Normativa de la calidad del agua.

### **3.6. Diseño de la Investigación**

#### **3.6.1. Determinación de la cantidad de las descargas contaminantes**

La determinación de la cantidad de las descargas contaminantes vertidas en el río Quevedo se realizaron mediante la identificación directa de los puntos donde se encuentran las alcantarillas que se descargan al río. La variabilidad del caudal de las descargas en el río se determinó mediante campañas de aforo, realizadas 1 vez por semana, 3 veces al día a las 8 am, 12 pm y 4 pm durante el inicio de la época invernal (enero, febrero y marzo). El método del aforo utilizado fue el volumétrico, el cual consistió en tomar el tiempo que demora en llenarse un recipiente de volumen conocido. Posteriormente se dividió el volumen en litros entre el tiempo promedio en segundos, obteniéndose el caudal en l/s.

#### **3.6.2. Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la corriente**

El punto de muestreo fue aguas arriba del puente Velazco Ibarra y aguas abajo del puente Ec. Walter Andrade C. con una distancia de 100 m. A fin de determinar en el laboratorio las concentraciones de los parámetros a evaluar.

La caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua se realizó mediante la toma de muestras de aguas y se analizaron los parámetros que se muestran a continuación:

Tabla 1. Estándares ambientales

Parámetros	Estándares Ambientales		
	TULSMA	EPA	OMS
<b>Parámetros físicos</b>			
Temperatura	Condición Natural + o - 3°	-	-
Color	15	-	-
Turbidez	5 UNT	0.5-1.0 UNT	-
Sólidos Totales	500 mg/l	500 mg/l	-
Conductividad	-	-	250 microS/cm
<b>Parámetros químicos</b>			
Oxígeno Disuelto	No <80% del O <sub>2</sub> de sat. no < 6mg/l		
Ph	6-9	6.5-8.5	
Dureza	500 m/l		
Nitratos	13 mg/l	10000	50 mg/l
Cloruros	250 mg/l	250 mg/l	250 mg/l
DBO <sub>5</sub>	2,0 m/l		
Fosfatos			
Alcalinidad			
<b>Parámetros microbiológicos</b>			
Coliformes totales	2000	<5 MUESTRAS +	
Coliformes fecales	200		

Fuente: NCA y de descarga de efluentes: recurso agua- libro vi anexo 1. Quality Water Index  
Elaboración: Autora

Se tomaron las normas NTE 2169, 2176 y 22,26 del Instituto Ecuatoriano de Normalización del Ecuador (INEN), y el Standard Methods, edición actualizada, como guía de referencia para la toma de muestras y los análisis de laboratorio. Las muestras fueron tomadas y analizadas por el Laboratorio de la PUCE, el cual está registrado en el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) con acreditación N° OAE LE 2C 05-001.

Los resultados obtenidos en la caracterización se compararon con los estándares ambientales establecidos en la tabla 1 del Anexo 1, Libro VI De la Calidad Ambiental, Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA), reformada en el Acuerdo Ministerial 097 y la Organización Mundial de la Salud (OMS) cuando la normativa local no proporcionó los límites o rangos aceptables para los parámetros considerados en la investigación.

Tabla 2 Funciones de los subíndices

Parámetros	Función del subíndice (I)
Coliformes Fecales	IColiF= 106(CF)-0.1286
OD % Sat	IOD= 0.82(OD)+10.56
DBO5	IDBO5= 108(DBO5)-0.3494
Coliformes totales	IColiT= 136(CT)-0.1311
Nitratos	INO3= 106(NO3)-0.2718
Conductividad	Icond = 506 (Cond) -0.2315
Temperatura	IT = 10 2004-0.0382.ΔT
Ph	Si pH < 6.9      ⊗ I <sub>pH</sub> = 10 <sup>0.6905-0.1856 (pH)</sup> Si 6.9 ≤ pH ≤ 7.1   ⊗ I <sub>pH</sub> = 100 Si pH > 7.1      ⊗ I <sub>pH</sub> = 10 <sup>0.65 - 0.2216 (pH)</sup>
Cloruros	ICI = 391 (CI) -0.3480
Dureza	IDur = 552 (Dur) -0.4485
Alcalinidad	IAlc = 110 (Alc) -0.1342
Color	IColor = 127 (Color) -0.2394

Fuente: Sierra, Calidad de agua  
Elaboración: Autora

### 3.6.3. Determinación de la calidad del agua del río Quevedo.

La calidad del agua se estableció mediante la aplicación de los índices norteamericanos NSF y Dinius, los cuales emplean una ecuación del promedio geométrico ponderado según el siguiente arreglo:

$$ICA (NSF, Dinius) = \left( \prod_{i=1}^n I_i \right) W_i$$

Donde, I<sub>i</sub> es el subíndice del parámetro i, y W<sub>i</sub> es el peso relativo o porcentaje asignado al parámetro i.

A continuación se detallan los parámetros y los pesos relativos que considera cada índice:

Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos empleados por diferentes ICA Y Pesos relativos asignados.

ICA Parámetros	ICA NSF (1970) PESO	ICA Dinius (1987) PESO
<b>Parámetros Físicos</b>		
Temperatura	0,10	0.077
Color		0.063
Turbidez	0,08	
Sólidos Totales	0,07	
Conductividad		0.079
<b>Parámetros Químicos</b>		
Oxígeno Disuelto	0.17	0.109
Ph	0,11	0.077
Dureza		0.065
Nitratos	0,10	0.090
Cloruros		0.074
DBO <sub>5</sub>	0.11	0.097
Fosfatos	0.10	
Alcalinidad		0.063
<b>Parámetros Microbiológicos</b>		
Coliformes totales		0.090
Coliformes fecales	0,16	0.116

Fuente: Tasneem Abbasi, S A Abbasi (Quality Water Index)

Elaborado por: Autora

Además, los índices utilizan una escala de categorización de la calidad del agua en función de los siguientes rangos y usos:

Tabla 4. Rangos de clasificación del ICA NSF en función del uso del agua

Valor ICA NSF	Clasificación De La Calidad Del Agua
91-100	Excelente Calidad
71-90	Buena calidad
51-70	Mediana calidad
26-50	Mala calidad
0-25	Muy mala calidad

Fuente: Tasneem Abbasi, S A Abbasi (Quality Water Index)

Elaboración: Autores

Tabla 5. Rangos de clasificación del ICA Multiplicativo en función del uso del agua, según Dinius (1987)

Fuente: Adaptado de León (como se citó en Corporación Autónoma Regional del Valle del CAUCA, 2004).

Uso Letra	Consumo Humano		Agricultura		Pesca y vida acuática			Industrial	Recreación	
	Rango	Descripción	Rango	Descripción	Rango	Descripción	Rango	Descripción	Rango	Descripción
E	90-100	No requiere tratamiento para consumo	90-100	No requiere purificación para riego	70-100	Pesca y vida acuática abundante	90-100	No requiere purificación	70-100	Cualquier tipo de deporte acuático
A	80-90	Tratamiento menor requerido	70-90	Purificación menor para cultivos que requieran alta calidad de agua	60-70	Límite para peces muy sensitivos	70-90	Purificación menor para industrias que requieran alta calidad de agua	50-70	Restringir los deportes de inmersión
LC	70-80	Dudoso consumo sin tratamiento	50-70	No requiere de tratamiento para la mayoría de cultivos	50-60	Dudosa la pesca sin riesgos a la salud	50-70	No requiere tratamiento para mayoría de industrias de operación	40-50	Dudosa para contacto con el agua
C	50-70	Tratamiento de potabilización necesaria	30-50	Tratamiento requerido para la mayoría de cultivos	40-50	Vida acuática limitada a especies muy resistentes	30-50	Tratamiento para mayoría de usos	30-40	Evitar contacto, solo con lanchas
FC	40-50	Dudoso para consumo	20-30	Uso solo en cultivos muy resistentes	30-40	Inaceptable para actividad pesquera	20-30	Uso restringido en actividades burdas	20-30	Contaminación visible, evitar cercanía
EC	0-40	Inaceptable para consumo	0-20	Inaceptable para riego	0-30	Inaceptable para vida acuática	0-20	Inaceptable para cualquier industria	0-20	Inaceptable para recreación

Elaborado por: Autora.

## Nomenclatura:

**E:** Excelente, **A:** Aceptable, **LC:** Levemente Contaminada, **C:** Contaminada, **FC:** Fuertemente Contaminada, **EC:** Extremadamente Contaminada.

### 3.6.4. Predecir la calidad del agua del río Quevedo con el modelo de Streeter-Phelps.

Para aplicar el modelo Streeter-Phelps en el río Quevedo, se hizo un único muestreo de las descargas del alcantarillado de la ciudad y las muestras de agua se analizaron en el laboratorio de agua y suelo de la UTEQ y del Laboratorio de la PUCE para determinar la OD y DBO. Así, el modelo Streeter-Phelps se aplicó para obtener la curva SAG de oxígeno disuelto, de modo que se obtuvo una predicción matemática del comportamiento del OD y DBO en la corriente desde las descargas de alcantarillado hasta 100 metros después del puente Walter Andrade. Los caudales del río se extrajeron de estudios realizados con anterioridad.

De acuerdo con el modelo de Streeter-Phelps, en primer lugar se calculó el déficit de oxígeno disuelto mediante la siguiente expresión:

$$D(x) = D_0 e^{-k_a t} + \frac{k_d L_0}{k_a - k_r} [e^{-k_a t} - e^{-k_r t}]$$

Luego, la concentración de oxígeno disuelto se obtuvieron a partir del déficit y el oxígeno disuelto de saturación como:

$$OD = OD_{sat} - D$$

Adicionalmente, la variación de la DBO se estimó mediante la siguiente expresión:

$$L_x = L_0 e^{-k_r t}$$

Finalmente, con los valores obtenidos de la aplicación del modelo de Streeter-Phelps se trazarán los perfiles de OD y DBO que se calibraron a fin de predecir la variación de tales parámetros y su incidencia de la calidad del agua en el río Quevedo desde aguas arriba del puente Velasco Ibarra hasta aguas abajo del puente Ec. Walter Andrade C

Además, las constantes de desoxigenación serán estimadas mediante el método de Thomas, y las constantes de reaireación mediante alguna de las siguientes fórmulas empíricas:

Tabla 6. Fórmulas y rangos de profundidad y velocidad utilizados para estimar  $k_a$

<b>Autores</b>	<b>Año</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Profundidad (m)</b>	<b>Velocidad (m/s)</b>
O'Connor-Dobbins	1956	$k_a = 3,93 \frac{U^{0,5}}{H^{1,3}}$	0,30 – 9,14	0,15 – 0,49
Churchill	1962	$k_a = 5,026 \frac{U}{H^{1,67}}$	0,61 – 3,35	0,55 – 1,52
Owens y Gibbs	1964	$k_a = \frac{5,32 \times U^{0,67}}{H^{1,85}}$	0,12 – 0,73	0,03 – 0,55

Fuente: Chapra, 2008, p. 378-379.

Tabla 7. Otras fórmulas empíricas para estimar  $k_a$  a 20°C

<b>Autores</b>	<b>Año</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Características de la corriente</b>	<b>Caudal (m3 /s)</b>
Tsivoglou y Wallace	1972	$k_a = 3.1 \times 10^4 VS_0$	0,3 m < D < 0,9 m	<0,3
Melching y Flores	1999	$k_a = 517(VS)^{0,524} Q^{-0,242}$	Corrientes	>0,556
		$k_a = 596(VS)^{0,528} Q^{-0,136}$	alternadamente someras y profundas	<0,556
		$k_a = 88(VS)^{0,313} D^{-0,353}$	Corrientes de cauce controlado	>0,556
		$k_a = 142(VS)^{0,333} D^{-0,66} W^{-0,243}$		<0,556

Fuente: Chin, 2013, p. 97

Asimismo, se efectuó la calibración del modelo de Streeter-Phelps, ajustando las constantes cinéticas de reaireación, desoxigenación y de remoción total de la DBO,  $k_a$ ,  $k_d$ , y  $k_r$ , respectivamente. Este proceso de calibración paramétrica se realizó mediante una combinación del método manual, o de ensayo y error, y el método automático, para el cual se empleó la metodología GLUE (Generalized Likelihood Uncertainty Estimation), que consiste en definir los intervalos o rangos de variación de las constantes cinéticas, suponer una distribución de probabilidad uniforme de sus posibles valores, y luego, mediante simulaciones de Monte Carlo, se obtuvieron 5000 posibles combinaciones de los parámetros a calibrar, en función de los cuales se obtuvieron sendas respuestas de las variables modelizadas. De este modo, y minimizando el estadístico la función objetivo, se obtendrán los valores calibrados de las constantes cinéticas.

Posteriormente, el rendimiento del modelo tanto para el oxígeno disuelto como para la DBO, se determinó mediante dos medidas de bondad del ajuste: el coeficiente de determinación  $R^2$ , el índice de rendimiento de Nash-Sutcliffe (NSE), y la raíz del error cuadrado medio (RMSE, por sus siglas en inglés):

$$R^2 = \left( \frac{\sum_{j=1}^N (y_j - \bar{y})(\hat{y}_j - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{j=1}^N (y_j - \bar{y})^2} \sqrt{\sum_{j=1}^N (\hat{y}_j - \bar{y})^2}} \right)^2$$

$$NSE = 1,0 - \frac{\sum_{j=1}^N (y_j - \hat{y}_j)^2}{\sum_{j=1}^N (y_j - \bar{y})^2}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (y_j - \hat{y}_j)^2}$$

La validación del modelo se desarrolló siguiendo las directrices de Sierra (2011), en el sentido de correr el modelo calibrado para predecir concentraciones de OD y DBO<sub>5</sub>, manteniendo constantes los parámetros ya ajustados y manipulando las variables externas, principalmente las cargas contaminantes y las características hidrodinámicas del estero.

### 3.7. Instrumentos de investigación

Para la elaboración de la presente investigación se utilizaron diferentes instrumentos detallados a continuación:

- Empleo de hojas de cálculo configuradas con los parámetros del modelo Dinius y NSF para calcular calidad de agua del río Quevedo.
- Aplicación de análisis de componentes principales para determinar las variables que más inciden en la calidad del agua del río Quevedo.
- Análisis factorial para determinar las variables más discriminantes.

- Y finalmente se elaborará un análisis de Clusters para visualizar la agrupación de las variables con mayor interrelación

### **3.8. Tratamiento de los datos**

Los resultados físicos-químicos y microbiológicos de la presente investigación titulada “Evaluación de la incidencia de las descargas contaminantes en la calidad del agua del río Quevedo, Cantón Quevedo, Provincia de Los Ríos, Año 2017” fueron analizados mediante la herramienta de Excel para el cálculo de los índices de calidad de agua (Dinius y NSF), a partir de las fórmulas de cada subíndice. Además se aplicó el análisis de componentes principales, como lo son los análisis exploratorios y preliminares, para determinar las variables que más inciden en la calidad del agua del río Quevedo. Luego de este proceso se realizó un análisis factorial el cual fue un análisis confirmatorio que permitió determinar las variables más discriminantes. Y finalmente se elaboró un análisis de Clusters para visualizar la agrupación de las variables con mayor interrelación.

### **3.9. Recursos Humanos y Materiales**

#### **3.9.1. Recursos humanos.**

- Eister Pérez, Mario Chalen y Miguel Corozo (ayudantes del proyecto del proyecto de investigación).
- Benemérito Cuerpo de Bomberos (ayuda logística).
- Laboratorio de agua de La Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Quevedo y su personal.
- Laboratorio de Agua, aire y suelo de la PUCE

#### **3.9.2. Materiales de oficina**

-  Computadora
-  Computadora
-  Lapiceros

-  Impresora
-  Grapadora
-  Hojas

### 3.9.3. Materiales de campo

-  Botellas de vidrio
-  Botellas de plástico
-  Cronometro
-  Cuerda
-  Balde
-  Botas
-  GPS

**CAPÍTULO 4**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## **4.1. Resultados**

### **4.1.1. Determinación de la cantidad de las descargas contaminantes vertidas en el río Quevedo**

#### **4.1.1.1 Identificación de las descargas de aguas servidas**

Durante la primera semana de investigación se realizó la identificación de las descargas de agua servidas que se encuentran a orillas del río Quevedo, tanto en el área de San Camilo como en Quevedo.

Con la asistencia logística y técnica del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Quevedo se hizo el recorrido a lo largo del tramo del río Quevedo comprendido entre el puente Velasco Ibarra y el puente Walter Andrade Fajardo. Dentro de esta área se identificaron diez descargas, en San Camilo, la playita de Jaime antes del puente Velasco Ibarra, 4 se encuentran bajo las escaleras del mercado de marisco y en Quevedo, 2 bajo el malecón de la ciudad, hotel del río, 30 metros antes del hotel del río, 80 metros después del puente Walter Andrade; aunque sólo se tuvo acceso a nueve de ellas. En cada una de las campañas de aforo y muestreo, se visualizó la presencia de heces fecales de origen humano, animales muertos y conexiones directas de aguas servidas. Por otra parte, las condiciones en las que se encuentran las descargas se caracterizan por estar bloqueadas por residuos generados por los comercios aledaños, otras obstruidas por tierra y monte y otras cubiertas en su totalidad por tierra.

Las descargas tienen un área de 1 metro de ancho por 80 cm de alto, el acceso a las descargas que se encuentran en funcionamiento es complejo, ya que están ubicadas en zonas de riesgo.

En cada una de las descargas se tomaron coordenadas UTM con las cuales se elaboró un mapa en el software ArcGis.



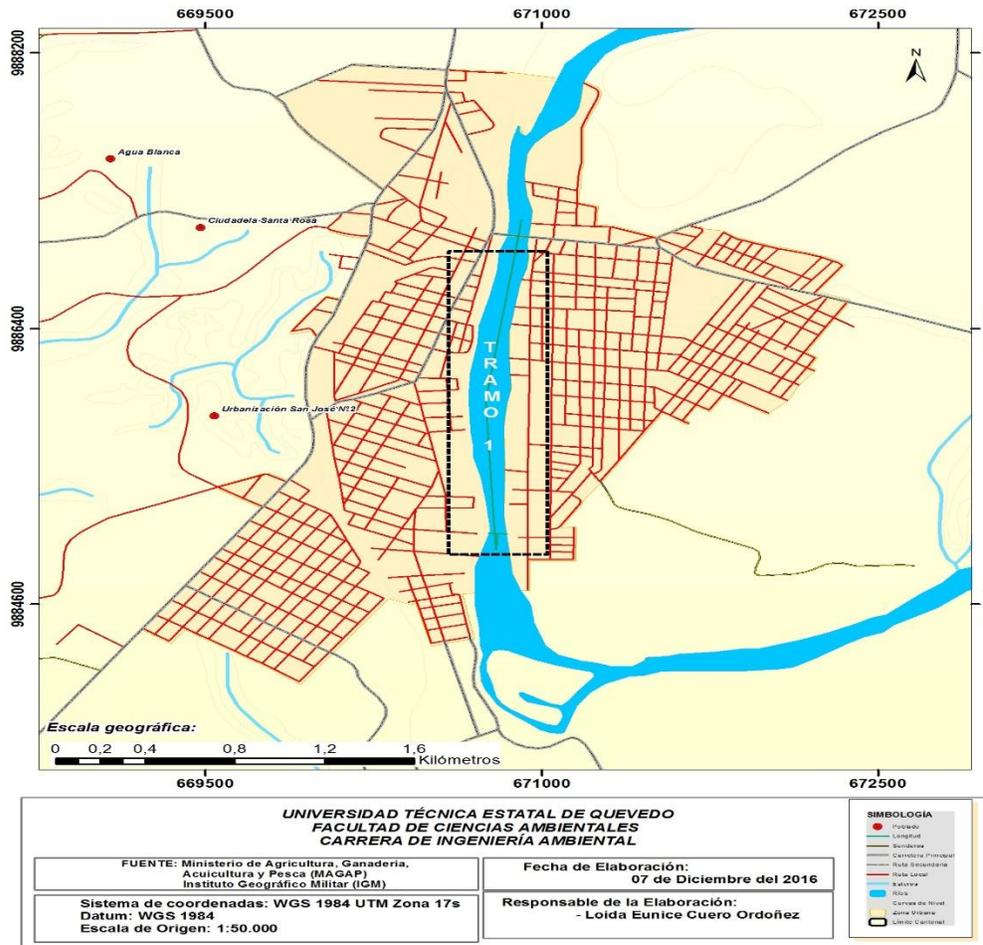
Tabla 9 Puntos de Monitoreo

N°	Descripción del Punto
1	Malecón a 9 metros del puente Velasco
2	Malecón a 15 m del puente Velasco
3	80 m despues del Puente Walter Andrade
4	Playita de Jaime debajo del puente Velasco
5	Mercado de Mariscos bajo la 1era escalinata

Fuente: GPS

Elaboración: Autora

Gráfico 3 Monitoreo



Fuente; ArcGis

Elaboración; Autora

#### 4.1.1.2 Medición de caudales del sistema de alcantarillado

Para la medición del caudal de las descargas se necesitó la ayuda de un contenedor de capacidad de 15 litros, el cual se lo colocaba en la caída de las descargas y con la ayuda de un cronómetro se verificó el tiempo que tardaba en llenar completamente el contenedor.

Luego mediante el programa de Excel realizamos el cálculo del caudal, aplicando la fórmula volumen/ tiempo. Y se obtuvieron los resultados de la tabla 10.

Tabla 10. Valores promedio de caudal (l/s) de las descargas de aguas servidas al río Quevedo

FECHAS	HORA	Quevedo			San Camilo	
		P1	P2	P3	P1	P2
Enero 14	8:00	3,19	2,94	1,08	1,22	4,55
	12:00	2,08	1,70	0,85	1,19	3,49
	16:00	2,01	1,35	0,94	1,27	4,41
Enero 21	8:00	4,35	1,90	0,68	0,96	3,65
	12:00	2,33	1,80	0,61	1,11	4,17
	16:00	2,60	1,72	0,52	1,13	4,05
Enero 28	8:00	3,02	1,96	1,07	1,00	4,00
	12:00	3,11	2,08	0,99	1,02	4,29
	16:00	3,41	2,38	1,04	1,04	3,33
Febrero 4	8:00	3,87	1,43	0,64	0,89	2,65
	12:00	2,58	1,18	0,88	0,73	3,49
	16:00	-	-	-	-	-
Febrero 11	8:00	5,20	2,41	1,03	1,06	4,35
	12:00	-	-	-	-	-
	16:00	4,17	1,81	0,88	0,87	3,38
Febrero 18	8:00	2,68	1,39	0,62	1,30	3,97
	12:00	-	-	-	-	-
	16:00	2,73	1,37	0,69	1,03	3,23
Marzo 4	8:00	2,57	1,83	0,70	1,05	2,64
	12:00	-	-	-	-	-
	16:00	3,02	1,30	0,59	0,89	2,78
<b>Promedio</b>		23,32	11,97	5,34	7,26	24,16

Fuente: Datos de investigación

Elaboración: Autora

#### 4.1.1.3 Análisis de varianza de caudal

Bajo un diseño completamente al azar, se realizó un análisis de varianza para determinar diferencias significativas entre las diferentes descargas del río Quevedo se evidenció lo siguiente:

La tabla 11 muestra los resultados del análisis de varianza para los datos de caudal del río Quevedo en horas de la mañana:

Tabla 11. Varianza del caudal a las 8 am

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Tratamientos	4	50,71	12,68	33,60	0,0001
Error	30	11,32	0,38		
Total	34	62,03			

Fuente: Datos de investigación

Elaboración: Autora

Para las ocho de la mañana, la tabla 11 describe que hay diferencias significativas entre los diferentes tratamientos aplicados en las descargas del río Quevedo ( $p=0.000$ ). Por lo que, se realizó una prueba de separación de medias por el método de Tukey, cuyos resultados se muestran en la tabla 12:

Tabla 12. Comparación de Tukey a las 8 am

Tratamientos	n	Media(l/s)	Grupo
5	7	3,69	A
1	7	3,55	A
2	7	1,98	B
4	7	1,07	B / C
3	7	0,83	C

Fuente: Datos de investigación

Elaboración: Autora

En el método de separación se evidenció que los tratamientos 5 (Bajo la 1era escalinata del Mercado de Mariscos) y 1 (Malecón a 9 metros del puente Velasco) son iguales estadísticamente. Estas dos descargas poseen el mayor caudal en horas de la mañana, el tratamiento 4 (Playita de Jaime debajo del puente Velasco) y el 2 (Malecón, bajo del Aki) poseen caudales medios y el tratamiento 3 (80 m después del Puente Walter Andrade) es la descarga de menor caudal (0.83 l/s).

La tabla 13 revela datos de varianza para los caudales tomados a las doce del día:

Tabla 13. Varianza del caudal a las 12 am

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Tratamientos	4	14,10	3,53	2,30	0,082
Error	30	46,07	1,54		
Total	34	60,17			

Fuente: Datos de investigación

Elaboración: Autora

En la cual determina que existe homogeneidad en los tratamientos de las doce del día estableciendo que ( $p = 0,082$ ). Determinando que todos los tratamientos del río Quevedo en horas del mediodía poseen características similares entre sí.

En la tabla 14, se realiza el análisis de la varianza en horarios de las cuatro de la tarde

Tabla 14. Varianza del caudal a las 16 Pm

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Tratamientos	4	30.14	7.54	8.13	0,0001
Error	30	27.82	0.93		
Total	34	57.97			

Fuente: Datos de investigación

Elaboración: Autora

Determinando que si existen diferencias altamente significativas en los tratamientos, alcanzando ( $p < 0,000$ ). Para conocer cuál es el tratamiento que tiene mayor diferencia se realizó la prueba de Tukey (tabla 15).

Tabla 15. Comparación de Tukey a las 16 Pm

Tratamientos	n	Media (l/s)	Grupo
5	7	3.026	A
1	7	2.563	A/C
2	7	1.419	B/C
4	7	0.890	C
3	7	0.666	C

Fuente: Datos de investigación

Elaboración: Autora

En el desarrollo de la prueba de Tukey, el tratamiento 5 (Bajo la 1era escalinata del Mercado de Mariscos) y 1 (Malecón a 9 metros del puente Velasco) son las descargas con caudales mayores con 3,026 y 2,563, respectivamente; los cuales son diferentes estadísticamente al resto de descargas: tratamiento 2 (Malecón a 15 m del puente Velasco), 3 (80 m despues del Puente Walter Andrade) y 4 (Playita de Jaime debajo del puente Velasco), las cuales tienen los caudales más bajos.

Esto demuestra que la descarga ubicada en el sector de San Camilo bajo la primera escalinata del mercado de mariscos, en horas de la mañana y la tarde posee los mayores caudales con respecto a las demás descargas. Sin embargo en horas del mediodía todas conservan un caudal similar.

## 4.1.2. Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la corriente del río Quevedo

### 4.1.2.1 Medición de parámetros y cumplimiento de normativa

Para llevar a cabo la medición de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se procedió a tomar muestras de agua en el centro del río Quevedo a 100 metros antes del puente Velazco Ibarra y 100 metros después del puente Walter Andrade. Una vez culminado con los muestreos las muestras fueron llevadas al laboratorio de agua, aire y suelo de la PUCE el cual está acreditado por la OAE y al laboratorio del EPMAQAQ con el fin de determinar las concentraciones de cada uno de los parámetros a analizar.

Tabla 16. Medición de los parámetros y cumplimiento de la normativa

N°	Fecha	P.M	14 Enero	28 Enero	11 Febrero	04 Marzo	Estándares
1	Oxígeno disuelto	1	8,1	8,8	6,5	8,5	>80
		2	8,1	8,3	7,1	7,95	
2	DBO <sub>5</sub>	1	<6	2	<6	3	2,0 m/l
		2	<6	3	8	3	
3	pH	1	7,5	8,02	6,89	7,42	6 a 8
		2	7,4	7,69	6,86	7,25	
4	Temperatura	1	25,8	25,5	25,8	25,9	Condición natural
		2	25,9	25,1	25,9	25,6	
5	Nitratos	1	<5	1,8	<5	9	13,0 mg/l
		2	<5	1,7	<5	11,7	
6	Fosfatos	1	2	0,5	6	0,4	
		2	2	0,4	7	0,3	
7	Turbidez	1	<15,000	3,22	50,7	46,1	5 UNT
		2	<15,000	3,04	49,5	33,9	
8	Solidos disueltos totales (SDT)	1	<150	45	60	2,6	500 mg/l
		2	<150	40	55	2,5	
9	Coliformes fecales	1	>1600	1000	500	500	200 NMP
		2	>1600	500	500	500	
10	Coliformes totales	1	>1600	54,8	55,6	55,6	2000 NMP
		2	>1600	53,9	54,3	54,3	
11	Conductividad	1	83,3	32,4	24,2	24,6	
		2	84,5	30,4	24,1	23,9	
12	Cloruros	1	<5,0	13	<5,0	9,5	250 mg/l
		2	<5,0	11	<5,0	10,5	
13	Dureza	1	29,3	190	175	210	500 m/l
		2	29,1	130	125	160	
14	Alcalinidad	1	40,2	155	185	140	
		2	37,6	145	75	145	
15	Color	1	62	65	268	60	15
		2	63	70	221	64	

Fuente: Laboratorio de agua, aire y suelo de la PUCE

Elaboración: Autora

La tabla 16 muestra que los parámetros de color y coliformes fecales fueron los que durante todos los muestreos excedieron los límites máximos permisibles establecidos en el TULSMA, la DBO<sub>5</sub> supero los límites a partir de la segunda semana, las coliformes totales durante la primera semana y en la primera tercera y cuarta semana de muestreo la turbidez supero los niveles máximos de permisibilidad y esto se relaciona con las actividades de extracción de material pétreo que se da en el río así como a la creciente debido a la época invernal.

#### 4.1.2.2 Análisis multivariante

##### 4.1.2.2.1. Análisis de los componentes principales

Con la finalidad de reducir la dimensionalidad de los datos relativos a la caracterización de las aguas del río Quevedo, sin perder información significativa, se realizó un análisis de componentes principales con los valores de las 15 variables muestreadas en el río durante las 4 campañas de monitoreo. Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 17 Análisis de Componentes Principales

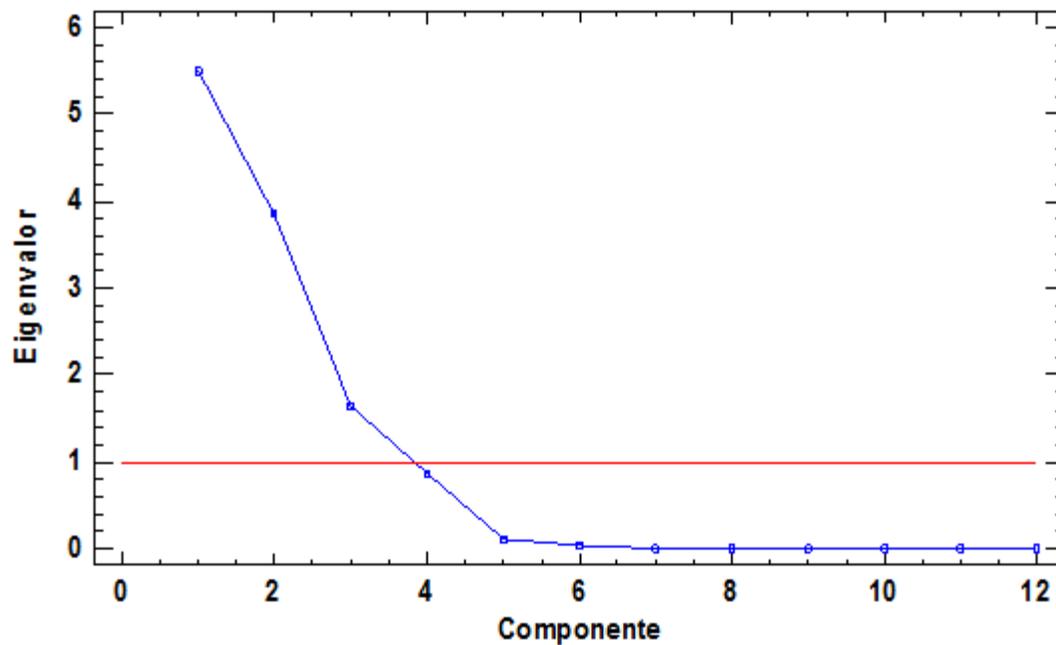
Componente Número	Eigenvalor	Porcentaje de Varianza	Porcentaje Acumulado
1	5,490	45,754	45,754
2	3,855	32,123	77,877
3	1,643	13,694	91,571
4	0,8633	7,194	98,765
5	0,1052	0,877	99,642
6	0,0373	0,311	99,953
7	0,00567	0,047	100,000
8	3,991E-16	0,000	100,000
9	5,401E-17	0,000	100,000
10	0,0	0,000	100,000
11	0,0	0,000	100,000
12	0,0	0,000	100,000

Fuente: STATGRAPHICS Centurion XVI.I.

Elaborado por: Autora.

De acuerdo con la tabla 17, solo tres componentes principales tienen un valor propio superior a uno, por lo que fueron los seleccionados para el análisis posterior, explicando un 91,57% de la varianza acumulada o variabilidad de los datos.

Gráfico 4 Gráfica de Sedimentación



Fuente: STATGRAPHICS Centurion XVI.I.  
Elaborado por: Autora.

El gráfico 4 muestra el número de componentes principales que cumplen con el criterio del valor propio el cual está representado por la línea horizontal. Es decir que, la sedimentación de los componentes principales calculados por el programa estadístico, se hacen evidente por su ubicación por encima de la línea roja explicando el porqué de las selección de los primeros tres componentes principales.

De los tres componentes principales seleccionados, la tabla 18 contiene la información relativa a los pesos de las diferentes variables en cada uno de ellos, lo que permite establecer las variables que tienen más importancia en la explicación de la varianza dentro de cada uno de los componentes.

Tabla 18 Pesos de los Componentes

	Componente 1	Componente 2	Componente 3
DBO5	0,0332912	0,3132	0,270722
Nitratos	0,219013	-0,221738	0,553834
Fosfatos	-0,0333291	0,505485	0,029014
Turbidez	0,169484	0,320425	0,469798
SDT	-0,162968	0,343927	-0,488918
CF	-0,411963	-0,0836144	0,102353
CT	-0,411914	-0,0835148	0,102549
C.E	-0,412756	-0,110411	0,0253285
Cloruros	0,259737	-0,342552	-0,251289
Dureza	0,410661	-0,00845953	-0,0635498
Alcalinidad	0,374935	-0,0229269	-0,257403
Color	0,0899672	0,481839	-0,0656501

Fuente: STATGRAPHICS Centurion XVII.I.

Elaborado por: Autora.

Los componentes principales pueden agruparse como la diferencia entre las variables de peso positivo y las de negativo. Así, el primer componente tiene la siguiente ecuación:

$$\mathbf{CP1} = (0,410661 * \text{Dureza} + 0,374935 * \text{Alcalinidad} + 0,259737 * \text{Cloruros} + 0,219013 * \text{Nitratos} + 0,169484 * \text{Turbidez} + 0,0899672 * \text{Color} + 0,0332912 * \text{DBO5}) - (0,412756 * \text{C.E} + 0,411963 * \text{CF} + 0,411914 * \text{CT} + 0,162968 * \text{SDT} + 0,0333291 * \text{Fosfatos})$$

Por lo que, el primer componente principal explica la variabilidad de los datos de calidad del agua predominantemente en términos de Dureza y alcalinidad, puesto que tales variables muestran los mayores pesos en la combinación lineal.

El segundo componente principal explica la variabilidad de los datos entre los fosfatos y el color,

$$\mathbf{CP2} = (0,505485 * \text{Fosfatos} + 0,481839 * \text{Color} + 0,343927 * \text{SDT} + 0,320425 * \text{Turbidez} + 0,3132 * \text{DBO5}) - (0,342552 * \text{Cloruros} + 0,221738 * \text{Nitratos} + 0,110411 * \text{CE} + 0,0836144 * \text{CF} + 0,0835148 * \text{CT} + 0,0229269 * \text{Alcalinidad} + 0,221738 * \text{Nitratos} + 0,00845953 * \text{Dureza})$$

La relación que existe entre estos dos componentes es que debido a la presencia del fosfato cambia la tonalidad del agua. Ya que el color cambia por la presencia de pesticidas y detergente.

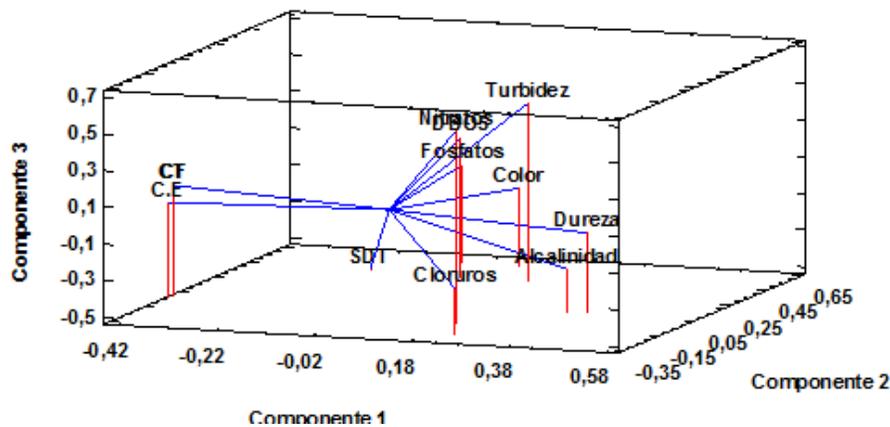
El tercer componente principal explica la variabilidad del recurso hídrico por la presencia de Turbidez y los Nitratos.

$$\text{CP3} = (0,553834 \cdot \text{Nitratos} + 0,469798 \cdot \text{Turbidez} + 0,270722 \cdot \text{DBO5} + 0,102549 \cdot \text{CT} + 0,102353 \cdot \text{CF} + 0,029014 \cdot \text{Fosfatos} + 0,0253285 \cdot \text{CE}) - (0,488918 \cdot \text{SDT} + 0,257403 \cdot \text{Alcalinidad} + 0,251289 \cdot \text{Cloruros} + 0,0656501 \cdot \text{Color} + 0,0635498 \cdot \text{Dureza})$$

Se puede observar que este tercer componente está íntimamente relacionado a los dos primeros, por lo cual, confirma que la calidad del agua del río Quevedo se ve altamente afectada por las diferentes actividades urbanas.

Por otra parte, en el gráfico 5 se observa la distribución de las variables en función de sus pesos en un espacio tridimensional conformado por los tres componentes principales seleccionados, de modo que resulta ahora más evidente la información presentada con anterioridad.

Gráfico 5 Dispersión tridimensional de las variables en los componentes



Fuente: STATGRAPHICS Centurion XVII.I.  
Elaborado por: Autora

#### 4.1.2.2.2. Análisis factorial

Como segunda etapa del análisis multivariante, se ejecutó un análisis factorial a las quince variables caracterizadas en el río Quevedo, a fin de establecer la relación entre las variables para explicar la

calidad del agua. La tabla 19 muestra los resultados de la segunda rotación, luego de haber eliminado las variables que no cumplían con el criterio de comunalidad:

Tabla 19 Matriz de Cargas del Factor Después Varimax Rotación

Variable	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Comunalidad	Varianza Específica
CF	0,91186	-0,364506	-0,176409	0,995474	0,00452615
CT	0,912026	-0,364105	-0,176132	0,995386	0,00461414
C.E	0,909891	-0,338142	-0,229519	0,994921	0,0050791
Dureza	-0,780144	0,575455	0,0283592	0,940577	0,0594228
Alcalinidad	-0,570207	0,806455	0,108802	0,987344	0,0126559
Color	-0,158354	0,0662415	0,984611	0,998923	0,00107743

Fuente: STATGRAPHICS Centurion XVII.I.

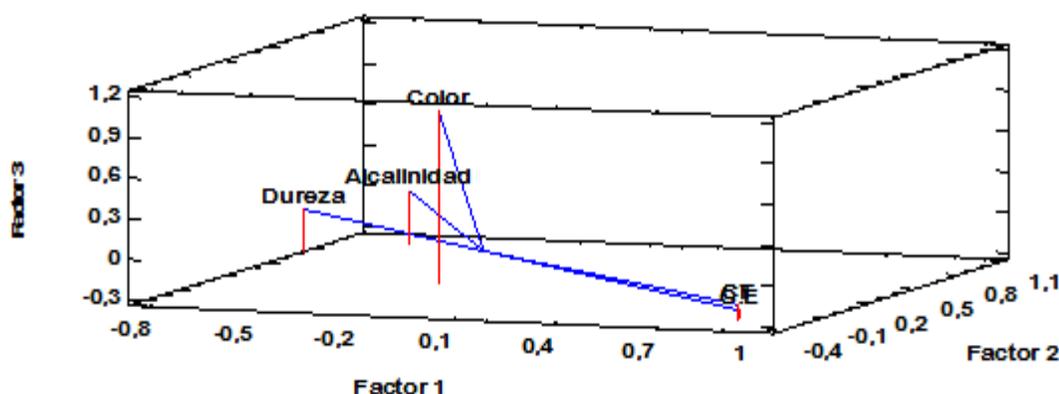
Elaborado por: Autora

El primer factor, que es el más importante se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$F1 = (0,91186*CF + 0,912026*CT + 0,909891*C.E - 0,780144*Dureza - 0,570207*Alcalinidad - 0,158354*Color)$$

Las cargas del factor 1 rotado revelan que existe una alta interrelación entre los coliformes fecales, coliformes totales y la conductividad eléctrica. Así, la calidad del agua del río Quevedo es una función de la correlación entre esas tres variables.

Gráfico 6 Cargas del Factor



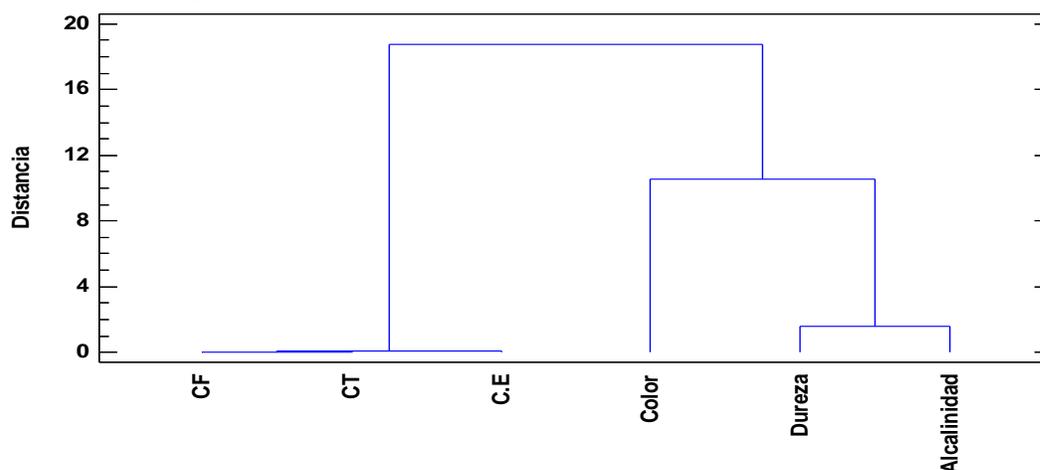
Fuente: STATGRAPHICS Centurion XVII.I.

Elaborado por: Autora

### 4.1.2.2.3. Análisis de conglomerados

En el análisis de conglomerados, resumido visualmente en el dendrograma del gráfico 7, se observa claramente la relación entre las variables que explican mayoritariamente la calidad del agua del río Quevedo. En concreto, se forman el clúster más importante conformado por las variables CF, CT y CE; y en el segundo, pero en menor medida de correlación, el clúster conformado por la dureza y la alcalinidad.

Gráfico 7 Dendrograma



Fuente: STATGRAPHICS Centurion XVI.I.  
Elaborado por: Autora

La correlación entre los coliformes fecales y totales mostrada en el primer clúster se explica en términos de que los coliformes fecales son una base de los coliformes totales. Es decir, a menos conductividad, más pura es el agua.

### 4.1.3. Determinación de la calidad del agua del río Quevedo aplicando índices de calidad

#### 4.1.3.1 Índice de calidad NSF y Dinius

En el cálculo del índice NSF se utilizó una calculadora en línea denominada Water Index Calculation para conocer el valor de los subíndices. Luego, en la hoja de cálculo de Excel se obtuvo el índice por cada parámetro y el índice global, mediante la fórmula multiplicativa.

Los resultados individuales obtenidos en los índices de calidad se condensan en las tablas 20 y 21 a fin de obtener una visión general que permita analizar globalmente la calidad del agua del río Quevedo.

Tabla 20. Comparación de la calidad de agua NSF/Dinius aguas arriba del puente Velasco Ibarra

Fecha	ICA	NSF	Categoría	Dinius	Categoría				
					C.Hum	Pesca	Agricultura	Industrial	Recreación
14/01/2017		32	Mala	70	C	A	Lc	Lc	A
28/01/2017		36	Mala	67	C	A	Lc	Lc	A
11/02/2017		28	Mala	70	C	A	Lc	Lc	A
04/03/2017		33	Mala	68	C	A	Lc	Lc	A

Fuente: Datos de la investigación

Elaborado por: Autora

Tabla 21. Comparación de la calidad de agua NSF/Dinius aguas abajo del puente Walter Andrade Fajardo

Fecha	ICA	NSF	Categoría	Dinius	Categoría				
					C.Hum	Pesca	Agricultura	Industrial	Recreación
14/01/2017		32	Mala	70	C	A	LC	LC	A
28/01/2017		38	Mala	70	C	A	LC	LC	A
11/02/2017		27	Mala	68	C	A	LC	LC	A
04/03/2017		33	Mala	68	C	A	LC	LC	A

Fuente: Datos de la investigación

Elaborado por: Autora

Como resulta evidente en las tablas anteriores, el índice NSF determina una calidad mala para el tramo del río Quevedo estudiado, tanto aguas arriba como aguas debajo de los puentes referenciales. Asimismo, el índice Dinius determina también categorías de calidad idénticas para todas las fechas, puntos de muestreos y usos del agua. Sin embargo, este índice establece que la calidad del agua del río Quevedo aun es apta para actividades de pesca de especies tolerantes y recreación, aunque según los criterios del índice deberían evitarse la práctica de deportes de inmersión

#### 4.1.4. Predicción de la calidad del agua del río Quevedo con el modelo de Streeter-Phelps

##### 4.1.4.1 Aplicación del modelo Streeter Phelps

Para efecto de la modelización se consideró el muestreo realizado en el mes de marzo, considerándose las características hidromorfológicas extremas, puesto que los valores registrados en el referido mes se ajustaron adecuadamente a las condiciones de la modelización.

En la tabla 22 se presentan los valores calculados de las constantes de reaireación y desoxigenación a una temperatura de 25°C.

Tabla 22 Constantes de remoción

Constantes Cineticas	
Ka	Kd
0.255	3.028

Fuente: Datos de la investigación

Elaborado por: Autora

Es importante resaltar que los valores para ambas constantes desoxigenación y reaireación se obtuvieron utilizando la formula empírica de Hydrosience y de Langbein & Durum, respectivamente. Por otra parte, la tasa de remoción calculada se acerca a  $k_d$ , por lo que se asume que la fracción sedimentable no representa una demanda de oxígeno importante, es decir,  $k_d=k_r$ .

Se realizó la calibración paramétrica de las constantes de reaireación y desoxigenación, a través de la metodología de GLUE, que consiste en realizar 5000 simulaciones con el método de Montecarlo, con el fin de reducir la diferencia entre los valores predichos por el modelo de Streter-Phels y los datos de campo. Los resultados de la calibración se observan en la tabla 23.

Tabla 23. Resultados de la calibración paramétrica con el método GLUE de las contantes cinéticas.

Fecha	Tramo	Contantes cinéticas		RSS OD	RSS DBO
		ka	kd		
4/ 03/2017	1	0,255	3,028	0,000293094	0,000408444

Fuente: Datos de la investigación

Elaborado por: Autora

#### 4.1.4.2 Datos de entrada del modelo

En la tabla 24, se observan datos de caudal, DBO, OD temperatura de la cabecera y afluentes principales registrados durante el muestreo del 4 de marzo, estos condicionan de las variaciones de OD y DBO en la corriente estudiada.

Tabla 24. Características de la cabecera y afluentes

Puntos de muestreo	Q (m <sup>3</sup> /s)	T (°C)	OD (mg/l)	DBO última (mg/l)
Corrientes aguas arriba	464	25,9	8,5	3,5
Descarga 1	0,006	28,7	7,18	2,0
Descarga 2	0,006	28,7	8,0	3,20

Fuente: Datos de la investigación

Elaborado por: Autora

A partir de los valores registrados, en la tabla 25 se calculó las condiciones iniciales de los parámetros requeridos en el modelo de Streeter-Phelps, siendo estos la temperatura del agua, la DBO ultima total, el déficit de oxígeno crítico, el oxígeno disuelto de saturación y el déficit de oxígeno.

Tabla 25. Condiciones iniciales del segmento estudiado

Tramo	T <sub>o</sub>	L <sub>o</sub> (mg/l)	OD <sub>0</sub> (mg/l)	OD <sub>SAT</sub> (mg/l)	D <sub>o</sub> (mg/l)
1	25,9	3,38	8,5	8,13	-0,37

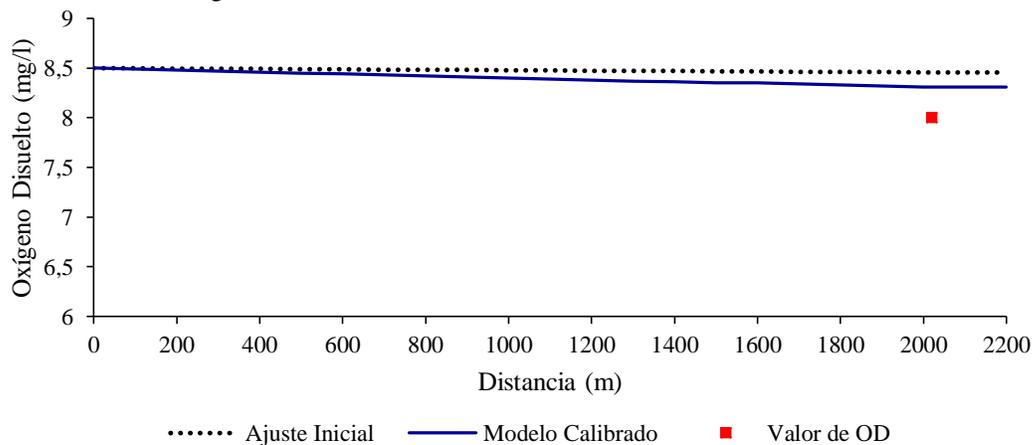
Fuente: Datos de la investigación

Elaborado por: Autores

#### 4.1.4.3 Aplicación del modelo Streeter Phelps

En el grafico 8, se observa que las concentraciones de OD se mantienen constante, además, es notorio que no existen diferencias significativas entre el ajuste inicial y el modelo calibrado en el primer kilómetro de estudio.

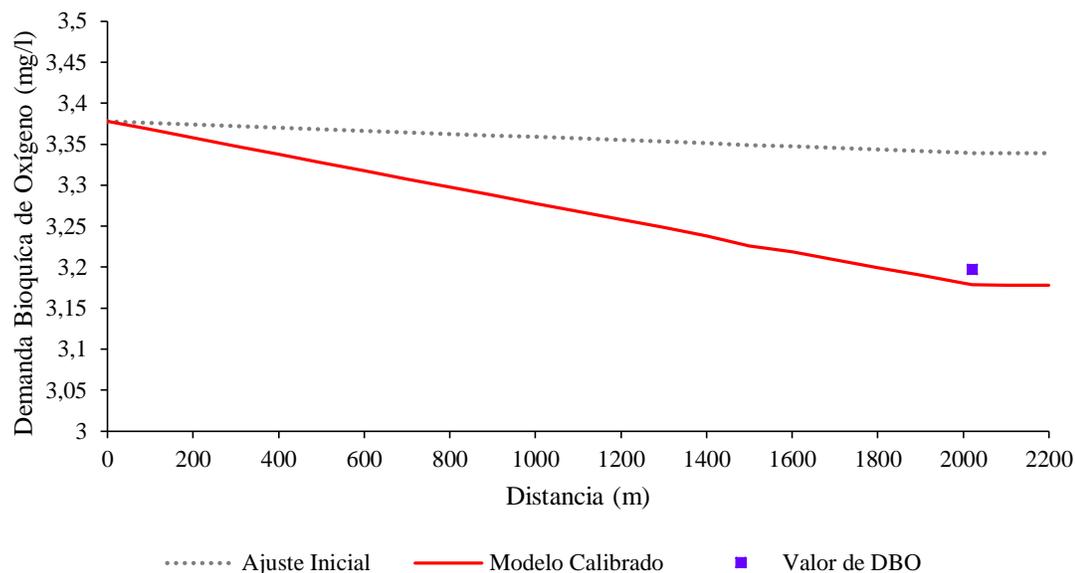
Gráfico 8. Perfil del oxígeno Disuelto



Elaboración Autora

El perfil de DBO decrece a medida que la corriente avanza, sin embargo, este no es significativo, considerando que el descenso es mínimo en relación a la longitud del segmento, esto se debe al aporte de descargas puntuales y permanentes vertidas al río sin previo tratamiento.

Gráfico 9. Perfil de la DBO<sub>5</sub>



Elaboración Autora

Se determinó el error relativo del modelo de Streeter-Phelps, con el fin de establecer la diferencia porcentual entre los valores observados y los que valores esperados en el modelo de estudio.

Tabla 26. Error relativo del OD y DBO

	OD	DBO
Error relativo	3,88	0,59

Fuente: Datos de la investigación

Elaborado por: Autora

El tabla 26 se observa que el modelo presento un error relativo inferior al 4% tanto para la DBO como para el OD, lo que indica un buen ajuste.

## 4.2. Discusión

En el análisis estadístico aplicado a los datos de caudal recogido para las descargas seleccionadas en el presente estudio, se determinó que las descargas de aguas servidas localizadas en el sector de la plaza de mariscos de la parroquia San Camilo y el sector del malecón cerca del puente Velasco Ibarra en el lado de la parroquia urbana Quevedo, tienen los valores medios más altos de caudal (3,69 l/s y 3,55 l/s, respectivamente en el horario de las 8 a.m; 2,21 l/s y 1,44 l/s, respectivamente en el horario de las 12 a.m), y ambas son diferentes estadísticamente en relación con las demás fuentes de descarga. En un estudio similar en los ríos Texcoco, Chapingo y San Bernardino en la ciudad de México realizado por Ricardo R, Vázquez, Óscar L., Jesús Chávez, Marco A, Ma. de Lourdes, Arturo Guzmán y Rogelio Carrillo, Se identificaron 14, 6 y 5 descargas principales de aguas residuales para los ríos Texcoco, Chapingo y San Bernardino, respectivamente, la parte superior de la cuenca del río Texcoco tiene diversos manantiales que se utilizan como fuente de agua potable y para riego. En la parte central y final del cauce se incorporan a la pequeña corriente del río las descargas de aguas residuales. En cambio, debido a modificaciones en sus cauces, los ríos Chapingo y San Bernardino en la actualidad no llevan escurrimientos naturales. El destino final de las aguas de los tres ríos, es un dren colector que se une con las aguas residuales de la Ciudad de México, los caudales varían desde 0.2 L s<sup>-1</sup> hasta 35 L s<sup>-1</sup> y las aguas residuales provienen de poblaciones urbanas y rurales. En los análisis de coliformes fecales y totales se encontró que los sitios con mayor contenido de coliformes correspondía a las descargas de mayor caudal [53].

La caracterización realizada en la corriente del río Quevedo en los primeros meses de la época invernal del año 2017, reveló que los parámetros color y coliformes fecales (que representan una importante contaminación microbiana por heces, con valores superiores a 200 UFC) excedieron los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097, en todo el período de muestreo; mientras que la DBO<sub>5</sub> excedió los límites a partir del 28 de enero con valores entre 3 mg/l y 8 mg/l. De manera similar, un estudio realizado por Gustavo Forero en el río Soacha, Colombia indica que este río contiene altos índices de contaminación de fósforo, nitrógeno y coliformes, contaminantes del agua que son vertidos de manera directa al río como producto de las

diversas actividades domiciliarias e industriales, argumentando que esto pone en riesgo la vida de los animales y personas que allí habitan [54]

El índice NSF calculado para el río Quevedo, en el tramo comprendido entre los puentes Velasco Ibarra y Walter Andrade Fajardo determinó una calidad *Mala* aguas arriba y aguas abajo durante los primeros meses de la temporada invernal (enero, febrero y marzo) con valores que oscilaron entre 28 y 38. Asimismo, el índice Dinius (1987) obtuvo valores que variaron entre 67 y 70, lo que de acuerdo con la escala de calificación corresponde a un río contaminado, si el uso pretendido es de consumo humano; y apto para su uso en caso de actividades de pesca y recreación, bajo ciertas consideraciones de especies y prácticas de deportes de inmersión. De manera similar, un estudio de calidad del agua en la quebrada La Ayurá, comprendida entre los municipios de El Retiro y Envigado del Departamento de Antioquía, en Colombia, la cual, como en el caso del río Quevedo, es la receptora de las descargas de aguas servidas de la población, determinó que el agua de la quebrada tiene una calidad entre *Buena* y *Regular*, de acuerdo con el índice NSF; y el índice Dinius (1972) determinando una calidad *Regular* con valores comprendidos entre 55 y 65, que son más bajos que los obtenidos con el índice Dinius (1987). La calidad determinada con el índice Dinius es diferente de la establecida con el índice NSF, básicamente debido a que índice se encuentra muy influenciado por los valores de coliformes totales y fecales a los cuales se les asigna un valor alto de peso ponderado, tal como se señala en la investigación citada [55]

La modelización de la calidad de agua con el modelo de Streeter-Phelps permitió obtener perfiles de OD y DBO próximos a los valores registrados en la fase de campo, con un ajuste inferior al 4%. Así, las variaciones de OD y DBO presentaron un descenso mínimo en relación a la longitud del segmento estudiado, esto se debe al aporte de descargas puntuales y permanentes vertidas al río sin previo tratamiento. Un estudio similar realizó Escobar, quién concluyó que la zona de recuperación es relativamente pequeña en comparación con la cantidad de DBO<sub>5</sub> suministrada a la corriente del río, por vertimientos de aguas residuales [56].

**CAPÍTULO 5**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. CONCLUSIONES

En el análisis de varianza realizado a las descargas monitoreadas se determinó que la descarga ubicada en el sector de San Camilo en el mercado de mariscos bajo la primera escalinata y la de Quevedo bajo el puente Velasco Ibarra poseen el caudal más abundante durante todo el periodo de muestreo por lo tanto, son las descargas más importantes. Y esto se debe a la alta presencia del comercio y hogares que se desarrollan en esta zona.

Dentro de la caracterización fisicoquímica y microbiológica del río Quevedo se muestra una contaminación al agua por coliformes fecales y color en todos los puntos de muestreo ya que excedieron los límites máximos permisibles establecidos en el TULSMA con valores superiores a >200 UFC.

Con el análisis multivariante de todos los parámetros analizados en el agua del río, y con el criterio del valor superior a uno, con los tres primeros componentes principales se logró explicar el 91.57% de la variabilidad de los datos, predominantemente en términos de Dureza, alcalinidad, fosfatos, color, Turbidez y Nitratos. La calidad del agua del río Quevedo se debe principalmente a la presencia de CF, CT y CE.

De acuerdo con los valores obtenidos para los índices NSF y Dinius en el río Quevedo, en el tramo donde se ubican las descargas de aguas servidas, entre el puente Velasco Ibarra y el puente Walter Andrade Fajardo, la calidad del agua es *Mala* o *contaminada*, respectivamente, en caso de uso para consumo humano. No obstante, el índice Dinius establece la posibilidad de emplear las aguas del río Quevedo para ciertas actividades de pesca y recreación.

La modelización de la calidad del agua del río Quevedo mediante el modelo de Streeter Phelps en un tramo pequeño comprendido entre los dos puentes (Velasco Ibarra y Walter Andrade Fajardo) permitió calibrar constantes cinéticas para predecir con un error estadístico inferior al 4% la variación del oxígeno disuelto en la corriente, en función de las características de las descargas de aguas servidas.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

Las autoridades ambientales y municipales de Quevedo, en coordinación con la academia local, realicen un control responsable de las descargas de aguas residuales, y monitoreos ambientales para conocer cómo avanza la calidad del agua del principal recurso hídrico de la ciudad, proponiendo programas y proyectos encaminados a su recuperación y conservación.

A la hora de realizar un estudio de calidad de aguas superficiales se tome en cuenta como está la distribución de las aguas en la región, e investigar en políticas que permitan hacer más eficiente el uso del recurso hídrico, lo cual podría favorecer a cada uno de los sectores que utilizan el líquido.

Establecer un plan de mantenimiento y limpieza del estado actual de las orillas del río Quevedo, principalmente en la zona céntrica de Quevedo y San camilo, esto ayudará a que basura, lixiviados de basura y sedimentos no lleguen al río. Debido a que este es un atractivo a la vista y al paisaje.

Aumentar el número de parámetros a monitorear tales como: Hierro, Magnesio, DQO, Calcio, Mercurio, Hidrocarburos, entre otros; con el fin de contar con un mayor número de parámetros que permitan adoptar medidas de aplacamiento.

**CAPÍTULO 6**  
**BIBLIOGRAFIA**

## 6.1. Bibliografía

- 1 Viviana Guzman RN. Linea Base para el monitoreo de la calidad de agua de riego en la demarcacion hidrografica del Guayas. Tecnico. Quito: Secretaria Nacional del Agua; 2010.
- 2 Suárez Fernandez YEPLMSJAFMSPMSPM. Evaluación de la calidad del agua superficial y subterránea utilizada para el consumo del ganado bovino en un municipio de provincia Habana. REDVET. 2006.
- 3 Córdova S, Gaete H, & Aránguiz F. Evaluación de la calidad de las aguas del estero Limache (Chile central), mediante bioindicadores y bioensayos. Chile: Departamento de Biología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Univesidad de Valparaíso; 2009.
- 4 Quevedo GADd. Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de Quevedo. Quevedo 2012.
- 5 Heinke GW. Ingeniería Ambiental. Segunda ed. Mexico: Prentice Hall; 1999.
- 6 Carlos SR. Calidad de Agua Evaluación y diagnóstico. Primera ed. Medellin: conocimientos a su alcance; 2011.
- 7 Baird C. Química ambiental. ilustrada ed. Reverte; 2001.
- 8 Letterman R. Calidad y tratamiento del agua. Manual de suministros de agua contaminada. Quinta ed. Madrid: McGraw-Hill Companies, Inc; 2002.
- 9 Sierra Ramírez CA. Calidad de agua: evaluación y diagnóstico. Bogotá: Ediciones de la U; 2011.

- 10 Santiago. La distribución e importancia de las aguas terrestres. 2012.
- 11 esteros. Diccionario Enciclopédico. Vol Vox 1. Retrieved; 2009.
- 12 DRAE. Esteros. Espasa-Calpe: Diccionario de la real academia española; 2005.
- 13 Gabriel Roldán Pérez JJRR. Fundamentos de limnología neotropical. segunda ilustrada ed. Colombia: Universidad de Antioquia; 2008.
- 14 Diaz OJH. Mecánica de los fluidos e hidráulica. Primera ed. Cali: Universidad del Valle,; 2006.
- 15 Afif KE. Apuntes de hidráulica para explotaciones forestales. Universidad de Oviedo; 2004.
- 16 Goyenola G. Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos. RED MAPSA; 2007.
- 17 Fraume Restrepo NJ. Diccionario Ambiental. Primera ed. Bogotá, D,C,: Ecoe Ediciones Ltda.; 2007.
- 18 Mario. L. “Medición del caudal del agua de riego”.. 1st ed. San Juan: Hoja informativa para el sector agropecuario, serie “Recursos Naturales”. ; Abril de 2002.
- 19 Lampoglia A,&B. Orientaciones sobre agua y saneamiento para zonas rurales. En Orientaciones sobre agua y saneamiento para zonas rurales. 2008.

- 20 Corporación Cdt De Gas. Perspectiva de analisis tecnologico a la Calidad del Gas natural. segunda ed. Vol 2. Santander (Colombia) 2010.
- 21 Gonzales B. Calidad de Agua Superficial en Latinoamérica. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Agronomía; 2010.
- 22 Spellman FR, Drinan J. The drinking water handbook. PRIMERA ed. España: Acribia; 2004.
- 23 Calderón DVM. Calidad de Servicio del agua potable en la Ciudad de Portoviejo”. Manabí : Universidad Técnica de Manabí ; 2010.
- 24 Galvín RM. Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Tratamiento y control de calidad de aguas. Primera ed. Ediciones Díaz de Santos; 2003.
- 25 Gonzales C. Monitoreo de la Calidad del Agua.. Puerto Rico 2011.
- 26 Seoáñez M. Ingeniería del medioambiente aplicada al medio natural continental.. Segunda edición, ed. Madrid, España.: Ediciones Mundi-Prensa; 1999.
- 27 Mitchell M,SW,BK. Manual de campo de Proyecto del Río: una guía para monitorear la calidad del agua en el Río Bravo.. Segunda ed. New México: Proyecto del Río. ; 1991.
- 28 Barrenechea M. Aspectos Fisico-quimicos de la calidad del agua. 2000.

- 29 Jiménez AA. Determinación De Los Parámetros Físico-Químicos De Calidad De Las Aguas.. Madrid. : Universidad Carlos III. ; 2000.
- 30 Romero Rojas JA. Tratamiento de Aguas Residuales. Escuela Colombiana de Ingeniería; 2013.
- 31 Loucks DP, Van Beek E. Water Quality Modelling and Prediction. In: PUBLISHING U, editor. Water Resources Systems Planning and Management. An Introduction to Methods, Models and Applications. 2005.
- 32 Romero M. TRATAMIENTOS UTILIZADOS EN POTABILIZACIÓN DE AGUA. 2008.
- 33 Reolon L. Programa de formación iberoamericano en materia de aguas- Calidad de las aguas. Buenos Aires: DINAMA; 2010.
- 34 Solórzano R. Determinación de la calidad del agua Para consumo humano y uso industrial proveniente de la planta de tratamiento la carbonera. municipio de Sanarate 2005.
- 35 Comisión Nacional del Agua. Comisión Nacional del Agua, Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento Diseño de Plantas Potabilizadoras Tipo de Tecnología Simplificada. México 2007.
- 36 Mejía CMR. Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras. 13th ed. Costa Rica 2005.

- 37 Molina RT, Castañeda DP, Rangel HÁ, Camargo AS. Fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano: Análisis de tendencia de variables para consolidar mapas de riesgo - El caso de los municipios ribereños del departamento del Atlántico. Colombia 2015.
- 38 OMS OMDLS. Guías para la calidad. Tercera ed. Vol 1. 2006.
- 39 Prat N. Bioindicadores de calidad de las aguas Memorias del curso de bioindicadores de Calidad del Agua. Medellin: Universidad de Antioquia; 1998.
- 40 Solano NFaF. Índices de Calidad y Contaminación del Agua. Pamplona: Universidad de Pamplona; 2008.
- 41 Zhen Wu B. CALIDAD FISICO-QUIMICA Y BACTERIOLOGICA DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA VICTORIA, CURUBANDÉ, GUANACASTE, COSTA RICA, AÑO HIDROLOGICO 2007-2008. COSTA RICA: Escuela de Ciencias Exactas y Naturales de la UNED; 2009.
- 42 Sebastián Jaramillo Rojas C,PFM,&TB. Índices de escasez y de calidad del agua para la priorización de cuerpos de agua en los planes de ordenación del recurso hídrico. aplicación en la jurisdicción de conrancioquia. Ingenierias Universidad de Medellin. 2011 10(19), 33-35.
- 43 Dubé M, Sherbinin Ad, Mtetwa S, Niekerk Hv, Barker S, Walmsley GCyD. Development and Use of Global Water Quality Indicators. Viena: UNEP GEMS/Water Programme; 2005.
- 44 Reolon L. Programa de formación iberoamericano en materia de aguas, calidad de las aguas indices de calidad de agua. Buenos Aires:Argentina 2010.

- 45 Mario Castro JAJFDD. Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. Vol vol. 10. 2014.
- 46 V. Gonzáles Meléndez OCQyNArR. “Aplicación de los Índices de Calidad de Agua nsf, dinius y bmwp en la quebrada La Ayurá. 1st ed. Vol vol. 16. Antioquia 2013.
- 47 Cuadras CM. NUEVOS METODOS DE ANÁLISIS MULTIVARIANTE. Barcelona 2014.
- 48 Holzbecher E. Environmental Modeling: Using MATLAB.. Segunda ed. Springer Science & Business Media; 2012.
- 49 Díaz PM. Diseño de una red de monitoreo de calidad de agua para la ciudad de Quevedo. Quevedo (Los Rios) 2010.
- 50 Torres P, Cruz CH, Patiño P, Escobar JC, Pérez yA. Applying water quality indexes (WQI) to the use of water sources for human consumption. ingenieria e investigacion. 2010;Vol 30(3).
- 51 González Meléndez V, Caicedo Quintero O, Aguirre Ramirez N. Application of water quality indices NSF,DINIUS and BMWP. Gestión y Ambiente. 2013 mayo;vol. 16(núm. 1):pp. 97-107.
- 52 Montes RT, Navarro I, Domínguez R, Jiménez B. Modificación de la capacidad de autodepuración del río Magdalena ante el cambio climatico. Tecnología y Ciencias del Agua. 2013;5(4).

- 53 Ricardo Rivera Óscar L. JCMA,AGLTyRC. Contaminación por coliformes y helmintos en los ríos Texcoco, Chapingo y San Bernardino tributarios de la parte oriental de la Cuenca del Valle de México. Vol vol.23 no.2. México: Revista internacional de contaminación ambiental; 2007.
- 54 Acosta GF. Caracterización físico-química y microbiológica del agua del río Soacha, Cundinamarca, Colombia. Revista de Investigación Agraria y Ambiental. 2015 6(2), 119-144.
- 55 Meléndez VG,QOC,&RNA. Aplicación de los índices de calidad de agua NSF, DINIUS y BMWP en la quebrada La Ayurá, Antioquia, Colombia. Antioquia: Colombia 2013.
- 56 PINTOR JAE, DUEÑAS NM. Determinación de los coeficientes de oxigenación y desoxigenación para la curva de comportamiento de oxígeno disuelto en el río Fucha. BOGOTÁ D.C. : UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL; 2016.
- 57 Benjumea Hoyos CA,BCCL,&ÁADA. Evolución en la carga de nutrientes de ríos de montaña que fluyen a un embalse, cuenca media del río Magdalena. Revista EIA. 2014 (22), 77-91.
- 58 Goyenola G. Guía para la utilización de las Valijas Viajeras. Montevideo, Uruguay: Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos; 2007.

**CAPÍTULO 7**  
**ANEXOS**

## 7.1. Análisis foda

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Disponibilidad de un gran recurso hídrico superficial.</li> <li>➤ Existencia de una infraestructura para atrapar lixiviados.</li> <li>➤ Disponibilidad de terreno para la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales.</li> <li>➤ Plan de Residuos sólidos urbanos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Colaboración del GADM y delegación del Ministerio del Ambiente, para la aplicación de mejoras en la calidad del agua del río Quevedo.</li> <li>➤ Convenio con instituciones públicas como la UTEQ para la realización de proyectos de calidad de agua.</li> <li>➤ Plan de manejo de cuencas hídricas.</li> <li>➤ Controlar y mantener registros de las descargas</li> </ul>
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Deficiente control de descargas contaminantes al río Quevedo por industrias, lavadoras, hospitales, clínicas, entre otras.</li> <li>➤ Escaso seguimiento a los proyectos de mitigación de impactos al río.</li> <li>➤ Carencia de una planta de tratamiento de aguas residuales.</li> <li>➤ Poca concientización a la población.</li> <li>➤ Poca ejecución de proyectos para la conservación del ecosistema acuático.</li> <li>➤ Desagüe de aguas servidas al río.</li> <li>➤ Disposición de residuos sólidos a cielo abierto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Presencia de monocultivos, fábricas, ganadería con grandes extensiones.</li> <li>➤ Residuos líquidos de áreas agrícolas y urbanas.</li> <li>➤ Asentamientos humanos</li> <li>➤ Extracción de material pétreo.</li> <li>➤ Proyecto multipropósito Baba, causará la degradación del ecosistema acuático.</li> <li>➤ Represamientos sin control en el río Lulo y San Pablo.</li> </ul>

## 7.2. Índice NSF y Dinius

Tabla 27. Análisis de aguas arriba del puente Velasco Ibarra de Enero 14

Parámetro	Valor	Unidad	SUBi	Wi	ICAa	ICAm	
Oxígeno Disuelto	8,1	% Sat.	6	0,17	1,02	1,36	
DBO	2	mg/l	80	0,11	8,80	1,62	
pH	7,5		93	0,11	10,23	1,65	
Cambio de T	25,8	°C	15	0,10	1,50	1,31	
Nitratos	2	mg/l	95	0,10	9,50	1,58	
Fosfatos	2	mg/l	27	0,10	2,70	1,39	
Turbidez	15	NTU	67	0,08	5,36	1,40	
SDT	45	mg/l	86	0,07	6,02	1,37	
Coliformes Fecales	1600	UFC/100ml	20	0,16	3,20	1,61	
					ICA	48	32
					Calidad	MALA	

Fuente: Datos de la investigación  
Elaborado por: Autora

Tabla 28. Análisis de aguas abajo del puente Walter Andrade Fajardo de Enero 14

Parámetro	Valor	Unidad	SUBi	Wi	ICAa	ICAm	
O D	8,1	% Sat.	6	0,17	1,02	1,36	
DBO	3	mg/l	80	0,11	8,80	1,62	
Ph	7,4		93	0,11	10,23	1,65	
Cambio de T	25,9	°C	15	0,10	1,50	1,31	
Nitratos	2	mg/l	95	0,10	9,50	1,58	
Fosfatos	2	mg/l	27	0,10	2,70	1,39	
Turbidez	15	NTU	67	0,08	5,36	1,40	
SDT	45	mg/l	86	0,07	6,02	1,37	
CF	1600	UFC/100 ml	20	0,16	3,20	1,61	
					ICA	48	32
					Calidad	MALA	

Fuente: Datos de la investigación

Elaborado por: Autora

Tabla 29. Análisis de aguas arriba del puente Velasco Ibarra de Enero 28

Parámetro	Valor	Unidad	SUBi	Wi	ICAa	ICAm	
OD	8,8	% Sat.	6	0,17	1,02	1,36	
DBO	2	mg/l	80	0,11	8,80	1,62	
pH	8,02		83	0,11	9,13	1,63	
Cambio de T	25,5	°C	15	0,10	1,50	1,31	
Nitratos	1,8	mg/l	95	0,10	9,50	1,58	
Fosfatos	0,5	mg/l	60	0,10	6,00	1,51	
Turbidez	3,22	NTU	90	0,08	7,20	1,43	
SDT	45	mg/l	86	0,07	6,02	1,37	
CF	1000	UFC/100 ml	22	0,16	3,52	1,64	
					ICA	53	36
					Calidad	MALA	

Fuente: Datos de la investigación

Elaborado por: Autora

Tabla 30. Análisis de aguas abajo del puente Walter Andrade Fajardo de Enero 28

Parámetro	Valor	Unidad	SUBi	Wi	ICAa	ICAm	
OD	8,3	% Sat.	6	0,17	1,02	1,36	
DBO	3	mg/l	67	0,11	7,37	1,59	
pH	7,69		91	0,11	10,01	1,64	
Cambio de T	25,1	°C	15	0,10	1,50	1,31	
Nitratos	1,7	mg/l	95	0,10	9,50	1,58	
Fosfatos	0,4	mg/l	71	0,10	7,10	1,53	
Turbidez	3,04	NTU	90	0,08	7,20	1,43	
SDT	40	mg/l	86	0,07	6,02	1,37	
CF	500	UFC/100 ml	29	0,16	4,64	1,71	
					<b>ICA</b>	<b>54</b>	<b>38</b>
					Calidad	MALA	

Fuente: Datos de la investigación

Elaborado por: Autora

Tabla 31. Análisis de aguas arriba del puente Velasco Ibarra de Febrero 11

Parámetro	Valor	Unidad	Subi	Wi	ICAa	ICAm	
OD	6,5	% Sat.	5	0,17	0,85	1,31	
DBO	2	mg/l	80	0,11	8,80	1,62	
pH	6,89		85	0,11	9,35	1,63	
Cambio de T	25,8	°C	15	0,10	1,50	1,31	
Nitratos	2	mg/l	95	0,10	9,50	1,58	
Fosfatos	6	mg/l	10	0,10	1,00	1,26	
Turbidez	50,7	NTU	39	0,08	3,12	1,34	
SDT	60	mg/l	87	0,07	6,09	1,37	
CF	500	UFC/100ml	29	0,16	4,64	1,71	
					<b>ICA</b>	<b>45</b>	<b>28</b>
					Calidad	MALA	

Fuente: Datos de la investigación

Elaborado por: Autora

Tabla 32. Análisis de aguas abajo del puente Walter Andrade Fajardo de Febrero 11

Parámetro	Valor	Unidad	SUBI	Wi	ICAa	ICAm	
OD	7,1	% Sat.	6	0,17	1,02	1,36	
DBO	8	mg/l	42	0,11	4,62	1,51	
pH	6,86		85	0,11	9,35	1,63	
Cambio de T	25,9	°C	15	0,10	1,50	1,31	
Nitratos	2	mg/l	95	0,10	9,50	1,58	
Fosfatos	7	mg/l	8	0,10	0,80	1,23	
Turbidez	49,5	NTU	39	0,08	3,12	1,34	
SDT	55	mg/l	87	0,07	6,09	1,37	
CF	500	UFC/100 ml	29	0,16	4,64	1,71	
					<b>ICA</b>	<b>41</b>	<b>27</b>
					Calidad	MALA	

Fuente: Datos de la investigación

Elaborado por: Autora

Tabla 33. Análisis de aguas arriba del puente Velasco Ibarra de Marzo 4

Parámetro	Valor	Unidad	Subi	Wi	ICAA	ICAm
OD	8,5	% Sat.	6	0,17	1,02	1,36
DBO	3	mg/l	67	0,11	7,37	1,59
pH	7,42		93	0,11	10,23	1,65
Cambio de T	25,9	°C	15	0,10	1,50	1,31
Nitratos	9	mg/l	53	0,10	5,30	1,49
Fosfatos	0,4	mg/l	71	0,10	7,10	1,53
Turbidez	46,1	NTU	41	0,08	3,28	1,35
SDT	260	mg/l	65	0,07	4,55	1,34
CF	500	UFC/100 ml	29	0,16	4,64	1,71
<b>ICA</b>					40	33
Calidad					MALA	

Fuente: Datos de la investigación

Elaborado por: Autora

Tabla 34. Análisis de aguas abajo del puente Walter Andrade Fajardo de Marzo 4

Parámetro	Valor	Unidad	SUBI	Wi	ICAA	ICAm
OD	7,95	% Sat.	6	0,17	1,02	1,36
DBO	3	mg/l	67	0,11	7,37	1,59
pH	7,25		92	0,11	10,12	1,64
Cambio de T	25,6	°C	15	0,10	1,50	1,31
Nitratos	11,7	mg/l	48	0,10	4,80	1,47
Fosfatos	0,3	mg/l	81	0,10	8,10	1,55
Turbidez	33,9	NTU	50	0,08	4,00	1,37
SDT	250	mg/l	66	0,07	4,62	1,34
CF	500	UFC/100 ml	29	0,16	4,64	1,71
<b>ICA</b>					41	33
Calidad					MALA	

Fuente: Datos de la investigación

## DINIUS

Tabla 35. Análisis aguas arriba del puente Velasco I. y aguas abajo del puente Walter A. Enero 14

	Parámetros	Valor	Unidad	Subíndice	Peso relativo	ICA
1	Coliformes Fecales	1600	NMP/100 MI	41	0,116	1,54
2	Oxígeno Disuelto	8,1	% Saturación	17	0,109	1,36
3	DBO5	2	Mg/L	85	0,097	1,54
4	Coliformes Totales	1600	NMP/100 MI	52	0,090	1,43
5	Nitratos	2	Mg/L	104	0,090	1,52
6	Conductividad	83,3	Us/Cm	117	0,079	1,46
7	Temperatura	25,8	°C	108	0,077	1,43
8	Ph	7,5	—	97	0,077	1,42
9	Cloruros	5	Mg/L	223	0,074	1,49
10	Dureza	29,3	Mg/L	121	0,065	1,37
11	Alcalinidad	40,2	Mg/L	67	0,063	1,30
12	Color	62	UPC	47	0,063	1,27
$\Sigma$					1,0	70

Fuente: Datos de la investigación

Elaborado por: Autora

Tabla 36. Análisis aguas arriba del puente Velasco I. y aguas abajo del puente Walter A. Enero 14

	Parámetros	Valor	Unidad	Subíndice	Peso relativo	ICAm
1	Coliformes Fecales	1600	NMP/100 MI	41	0,116	1,54
2	Oxígeno Disuelto	8,1	% Saturación	17	0,109	1,36
3	DBO5	3	Mg/L	74	0,097	1,52
4	Coliformes Totales	1600	NMP/100 MI	52	0,090	1,43
5	Nitratos	2	Mg/L	104	0,090	1,52
6	Conductividad	84,5	Us/Cm	116	0,079	1,46
7	Temperatura	25,9	°C	109	0,077	1,44
8	Ph	7,4	—	102	0,077	1,43
9	Cloruros	5	Mg/L	223	0,074	1,49
10	Dureza	29,1	Mg/L	122	0,065	1,37
11	Alcalinidad	37,6	Mg/L	68	0,063	1,30
12	Color	63	UPC	47	0,063	1,27
		Σ			1,0	70

Fuente: Datos de la investigación

Elaborado por: Autora

Tabla 37. Análisis aguas arriba del puente Velasco I. y aguas abajo del puente Walter A. Enero 28

	Parámetros	Valor	Unidad	Subíndice	Peso relativo	ICAm
1	Coliformes Fecales	1000	NMP/100 MI	44	0,116	1,55
2	Oxígeno Disuelto	8,8	% Saturación	18	0,109	1,37
3	DBO5	2	Mg/L	85	0,097	1,54
4	Coliformes Totales	54,8	NMP/100 MI	80	0,090	1,48
5	Nitratos	1,8	Mg/L	107	0,090	1,52
6	Conductividad	32,37	Us/Cm	160	0,079	1,49
7	Temperatura	25,5	°C	105	0,077	1,43
8	Ph	8,02	—	75	0,077	1,39
9	Cloruros	13	Mg/L	160	0,074	1,46
10	Dureza	190	Mg/L	52	0,065	1,29
11	Alcalinidad	155	Mg/L	56	0,063	1,29
12	Color	65	UPC	47	0,063	1,27
		Σ			1,0	67

Fuente: Datos de la investigación

Elaborado por: Autora

Tabla 38. Análisis aguas arriba del puente Velasco I. y aguas abajo del puente Walter A. Enero 28

	Parámetros	Valor	Unidad	Subíndice	Peso relativo	ICAm
1	Coliformes Fecales	500	NMP/100 MI	48	0,116	1,57
2	Oxígeno Disuelto	8,3	% Saturación	17	0,109	1,36
3	DBO5	3	Mg/L	74	0,097	1,52
4	Coliformes Totales	53,9	NMP/100 MI	81	0,090	1,49
5	Nitratos	1,7	Mg/L	108	0,090	1,52
6	Conductividad	30,42	Us/Cm	163	0,079	1,50
7	Temperatura	25,1	°C	102	0,077	1,43
8	Ph	7,69	—	88	0,077	1,41
9	Cloruros	11	Mg/L	170	0,074	1,46
10	Dureza	130	Mg/L	62	0,065	1,31
11	Alcalinidad	145	Mg/L	56	0,063	1,29
12	Color	70	UPC	46	0,063	1,27
		Σ			1,0	70

Fuente: Datos de la investigación

Tabla 39. Análisis aguas arriba del puente Velasco I. y aguas abajo del puente Walter A. Febrero 11

	Parámetros	Valor	Unidad	Subíndice	Peso relativo	ICAm
1	Coliformes Fecales	500	NMP/100 MI	48	0,116	1,57
2	Oxígeno Disuelto	6,5	% Saturación	16	0,109	1,35
3	DBO5	2	Mg/L	85	0,097	1,54
4	Coliformes Totales	55,6	NMP/100 MI	80	0,090	1,48
5	Nitratos	2	Mg/L	104	0,090	1,52
6	Conductividad	24,25	Us/Cm	176	0,079	1,50
7	Temperatura	25,8	°C	108	0,077	1,43
8	Ph	6,89	—	91	0,077	1,42
9	Cloruros	5	Mg/L	223	0,074	1,49
10	Dureza	175	Mg/L	54	0,065	1,30
11	Alcalinidad	185	Mg/L	55	0,063	1,29
12	Color	268	UPC	33	0,063	1,25
		Σ			1,0	70

Fuente: Datos de la investigación

Tabla 40. Análisis aguas arriba del puente Velasco I. y aguas abajo del puente Walter A. Febrero 11

	Parámetros	Valor	Unidad	Subíndice	Peso relativo	ICAm
1	Coliformes Fecales	500	NMP/100 MI	48	0,116	1,57
2	Oxígeno Disuelto	7,1	% Saturación	16	0,109	1,35
3	DBO5	8	Mg/L	52	0,097	1,47
4	Coliformes Totales	54,3	NMP/100 MI	81	0,090	1,49
5	Nitratos	2	Mg/L	104	0,090	1,52
6	Conductividad	24,1	Us/Cm	176	0,079	1,50
7	Temperatura	25,9	°C	109	0,077	1,44
8	Ph	6,86	—	90	0,077	1,41
9	Cloruros	5	Mg/L	223	0,074	1,49
10	Dureza	125	Mg/L	63	0,065	1,31
11	Alcalinidad	75	Mg/L	62	0,063	1,30
12	Color	221	UPC	35	0,063	1,25
		Σ			1,0	68

Fuente: Datos de la investigación

Elaborado por: Autora

Tabla 41. Análisis aguas arriba del puente Velasco I. y aguas abajo del puente Walter A. Marzo 4

	Parámetros	Valor	Unidad	Subíndice	Peso relativo	ICAm
1	Coliformes Fecales	500	NMP/100 MI	48	0,116	1,57
2	Oxígeno Disuelto	8,5	% Saturación	18	0,109	1,37
3	DBO5	3	Mg/L	74	0,097	1,52
4	Coliformes Totales	55,6	NMP/100 MI	80	0,090	1,48
5	Nitratos	9	Mg/L	69	0,090	1,46
6	Conductividad	24,6	Us/Cm	175	0,079	1,50
7	Temperatura	25,9	°C	109	0,077	1,44
8	Ph	7,42	—	101	0,077	1,43
9	Cloruros	9,5	Mg/L	179	0,074	1,47
10	Dureza	210	Mg/L	50	0,065	1,29
11	Alcalinidad	140	Mg/L	57	0,063	1,29
12	Color	60	UPC	48	0,063	1,28
		Σ			1,0	68

Fuente: Datos de la investigación

Elaborado por: Autora

Tabla 42. Análisis aguas arriba del puente Velasco I. y aguas abajo del puente Walter A. Marzo 4

	Parámetros	Valor	Unidad	Subíndice	Peso relativo	ICAm
1	Coliformes Fecales	500	NMP/100 MI	48	0,116	1,57
2	Oxígeno Disuelto	7,95	% Saturación	17	0,109	1,36
3	DBO5	3	Mg/L	74	0,097	1,52
4	Coliformes Totales	54,3	NMP/100 MI	81	0,090	1,49
5	Nitratos	11,7	Mg/L	64	0,090	1,45
6	Conductividad	23,92	Us/Cm	177	0,079	1,51
7	Temperatura	25,6	°C	106	0,077	1,43
8	Ph	7,25	—	111	0,077	1,44
9	Cloruros	10,5	Mg/L	173	0,074	1,46
10	Dureza	160	Mg/L	57	0,065	1,30
11	Alcalinidad	145	Mg/L	56	0,063	1,29
12	Color	64	UPC	47	0,063	1,27
		$\Sigma$			1,0	68

Fuente: Datos de la investigación

## 7.3. Reporte de Laboratorio




**ACREDITACIONES**



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

INFORME CESAQ-PUCE No. 15967-1  
Página 1 de 2

**CESAQ - PUCE**  
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS  
INFORME DE ANÁLISIS No. 15967-1

Datos generales:  
 Cliente: CUERO ORDOÑEZ LOIDA EUNICE  
 Dirección: SAN CAMILO / JOSEFINA 2  
 Teléfono: 0994445014  
 Tipo de muestra: AGUA SUPERFICIAL

Toma de Muestra (No cubierta por las acreditaciones)  
 FECHA DE MUESTREO: 14/01/17  
 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: AGUAS ARRIBA  
 MUESTREADO POR: CLIENTE  
 FECHA RECEPCIÓN: 16/01/17

**INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE**

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
<b>AGUAS Y SUELOS</b>				
	Alcalinidad Total	SM 2320 B	mg/L	40.2
1	Durezas	SM 4500 Cl / CP-PEE-A013	mg/L	< 5.0
<b>MICROBIOLOGIA</b>				
2	Coliformes Totales NMP	SM 9221 B / PT-DIS-MMA-006	NMP/100 mL	> 1600
<b>AGUAS Y SUELOS</b>				
1	Color	SM 2120 C / HACH 8025 / CP-PEE-A018	Unid PtCo	82
1	Conductividad Eléctrica	SM 2510 B / CP-PEE-A033	uS/cm	83.3
1	Demanda Biquímica de Oxígeno (5 días)	SM 5210 D / CP-PEE-A019	mg/L	< 8
1	Dureza Total	SM 2340 C / CP-PEE-A025	mgCaCO3/L	29.3
1	Oxígeno Disuelto	SM 4500-O G / CP-PEE-A003	mg/L	8.1
1	pH	SM 4500-H+ B / CP-PEE-A042	unid pH	7.5
1	Sólidos Totales	SM 2540 B / CP-PEE-A063	mg/L	< 150
1	Turbidez	SM 2130 B / CP-PEE-A069	NTU	< 15,000
<b>MICROBIOLOGIA</b>				
2	Coliformes Fecales NMP (E. Coli)	SM 9221 B / PT-DIS-MAA-06	NMP/100mL	> 1600

Fecha de Realización del Ensayo  
 La muestra ingresó al CESAQ-PUCE el día 16 de enero del 2017. Los análisis fueron realizados en el periodo comprendido entre el 16 de enero del 2017 y el 23 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 y, 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



ACREDITACIONES



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

INFORME CESAQ-PUCE No. 15967-1

Página 2 de 2

**CESAQ - PUCE**  
**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**  
**CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS**  
**INFORME DE ANÁLISIS No. 15967-1**

Datos generales:

Toma de Muestra: (No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 14/01/17  
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: AGUAS ARRIBA  
MUESTREADO POR: CLIENTE  
FECHA RECEPCIÓN: 16/01/17

INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
	<b>AGUAS Y SUELOS</b>			
1	Nitratos UV-VIS	SM 4500 NO3 E / CP-PEE-A036	mg/L	< 5
*	Fosfatos (UV-VIS)	SM 4500 P B-C / CP-PEE-A007	mg/L	2

análisis de  
agua, suelo,  
ruido y emisiones

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día, 16 de enero del 2017. Los análisis fueron realizados en el periodo comprendido entre el 16 de enero del 2017 y el 23 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



ACREDITACIONES



INFORME CESAQ-PUCE No. 15967-3

Página 1 de 2

CESAQ - PUCE
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS
INFORME DE ANÁLISIS No. 15967-3

Datos generales:

Cliente: CUERO ORDOÑEZ LOIDA EUNICE
Dirección: SAN CAMILO / JOSEFINA 2
Teléfono: 0994445014
Tipo de muestra: AGUA SUPERFICIAL

Toma de Muestra: (No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 14/01/17
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: DESCARGA DE EFLUENTE
MUESTREADO POR: CLIENTE
FECHA RECEPCIÓN: 16/01/17
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, 16 de enero del 2017. Los análisis fueron realizados en el periodo comprendido entre el 16 de enero del 2017 y el 23 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



## ACREDITACIONES



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

INFORME CESAQ-PUCE No. 15967-2

Página 1 de 2

**CESAQ - PUCE**  
**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**  
**CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS**  
**INFORME DE ANÁLISIS No. 15967-2**

Datos generales:

Cliente: CUERO ORDOÑEZ LOIDA EUNICE

Dirección: SAN CAMILO / JOSEFINA 2

Teléfono: 0994445014

Tipo de muestra: AGUA SUPERFICIAL

Toma de Muestra: (No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 14/01/17

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: AGUAS ABAJO

MUESTREADO POR: CLIENTE

FECHA RECEPCIÓN: 16/01/17

INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
	<b>AGUAS Y SUELOS</b>			
*	Alcalinidad Total	SM 2320 B	mg/L	37,6
1	Cloruros	SM 4500 Cl / CP-PEE-A013	mg/L	< 5,0
	<b>MICROBIOLOGIA</b>			
2	Coliformes Totales NMP	SM 9221 B / PT-DIS-MMA-006	NMP/100 mL	> 1600
	<b>AGUAS Y SUELOS</b>			
1	Color	SM 2120 C / HACH 8025 / CP-PEE-A018	Unid PtCo	63
1	Conductividad Eléctrica	SM 2510 B / CP-PEE-A033	uS/cm	84,5
1	Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	SM 5210 D / CP-PEE-A019	mg/L	< 6
1	Dureza Total	SM 2340 C / CP-PEE-A025	mgCaCO3/L	29,1
1	Oxígeno Disuelto	SM 4500-O G / CP-PEE-A003	mg/L	8,1
1	pH	SM 4500-H+ B / CP-PEE-A042	unid pH	7,4
1	Sólidos Totales	SM 2540 B / CP-PEE-A063	mg/L	< 150
1	Turbidez	SM 2130 B / CP-PEE-A069	NTU	< 15,000
	<b>MICROBIOLOGIA</b>			
2	Coliformes Fecales NMP (E. Coli)	SM 9221B / PT-DIS-MAA-06	NMP/100mL	> 1600

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día, 16 de enero del 2017. Los análisis fueron realizados en el período comprendido entre el 16 de enero del 2017 y el 23 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



ACREDITACIONES



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

INFORME CESAQ-PUCE No. 15967-2  
Página 2 de 2

**CESAQ - PUCE**  
**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**  
**CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS**  
**INFORME DE ANÁLISIS No. 15967-2**

Datos generales:

Toma de Muestra: (No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 14/01/17  
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: AGUAS ABAJO  
MUESTREADO POR: CLIENTE  
FECHA RECEPCIÓN: 16/01/17

INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
1	<b>AGUAS Y SUELOS</b>			
	Nitratos UV-VIS	SM 4500 NO3 E / CP-PEE-A036	mg/L	< 5
*	Fosfatos (UV-VIS)	SM 4500 P B-C / CP-PEE-A007	mg/L	2

análisis de  
agua, suelo,  
ruido y emisiones

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresó al CESAQ-PUCE el día, 16 de enero del 2017. Los análisis fueron realizados en el periodo comprendido entre el 16 de enero del 2017 y el 23 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



ACREDITACIONES



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

INFORME CESAQ-PUCE No. 16033-1

Página 1 de 2

**CESAQ - PUCE**  
**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**  
**CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS**  
**INFORME DE ANÁLISIS No. 16033-1**

Datos generales:

Cliente: CUERO ORDOÑEZ LOIDA EUNICE  
Dirección: SAN CAMILO / JOSEFINA 2  
Teléfono: 0994445014  
Tipo de muestra: AGUA SUPERFICIAL

Toma de Muestra: (No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 12/02/17  
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: AGUAS ARRIBA  
MUESTREADO POR: CLIENTE  
FECHA RECEPCIÓN: 14/02/17

INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
	<b>AGUAS Y SUELOS</b>			
1	Cloruros	SM 4500 Cl / CP-PEE-A013	mg/L	< 5,0
1	Color	SM 2120 C /HACH 8025 / CP-PEE-A018	Unid PtCo	268
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	6,5
1	Nitratos UV-VIS	SM 4500 NO3 E / CP-PEE-A036	mg/L	< 5
*	Fosfatos (UV-VIS)	SM 4500 P B-C / CP-PEE-A007	mg/L	6

análisis de  
agua, suelo,  
ruido y emisiones

Fecha de Realización del Ensayo

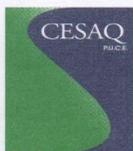
La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día, 14 de febrero del 2017. Los análisis fueron realizados en el período comprendido entre el 14 de febrero del 2017 y el 20 de febrero del 2017.

*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



### ACREDITACIONES



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

INFORME CESAQ-PUCE No. 16033-2

Página 1 de 2

**CESAQ - PUCE**  
**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**  
**CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS**  
**INFORME DE ANÁLISIS No. 16033-2**

Datos generales:

Cliente: CUERO ORDOÑEZ LOIDA EUNICE  
Dirección: SAN CAMILO / JOSEFINA 2  
Teléfono: 0994445014  
Tipo de muestra: AGUA SUPERFICIAL

Toma de Muestra: (No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 12/02/17  
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: AGUAS ABAJO  
MUESTREADO POR: CLIENTE  
FECHA RECEPCIÓN: 14/02/17 INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
	<b>AGUAS Y SUELOS</b>			
1	Cloruros	SM 4500 Cl / CP-PEE-A013	mg/L	< 5.0
1	Color	SM 2120 C /HACH 8025 / CP-PEE-A018	Unid PtCo	221
1	Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	SM 5210 D / CP-PEE-A019	mg/L	8
1	Oxígeno Disuelto	SM 4500-O G / CP-PEE-A003	mg/L	7,1
1	Nitratos UV-VIS	SM 4500 NO3 E / CP-PEE-A036	mg/L	< 5
*	Fosfatos (UV-VIS)	SM 4500 P B-C / CP-PEE-A007	mg/L	7

análisis de  
agua, suelo,  
ruido y emisiones

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra Ingresó al CESAQ-PUCE el día, 14 de febrero del 2017. Los análisis fueron realizados en el periodo comprendido entre el 14 de febrero del 2017 y el 20 de febrero 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



### ACREDITACIONES



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

INFORME CESAQ-PUCE No. 16033-3

Página 1 de 2

**CESAQ - PUCE**  
**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**  
**CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS**  
**INFORME DE ANÁLISIS No. 16033-3**

Datos generales:

Cliente: CUERO ORDOÑEZ LOIDA EUNICE  
Dirección: SAN CAMILO / JOSEFINA 2  
Teléfono: 0994445014  
Tipo de muestra: AGUA SUPERFICIAL

Toma de Muestra: (No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 12/02/17  
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: VERTEDERO  
MUESTREADO POR: CLIENTE  
FECHA RECEPCIÓN: 14/02/17  
INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
	<b>AGUAS Y SUELOS</b>			
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	7.2

análisis de  
agua, suelo,  
ruido y emisiones

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día 14 de febrero del 2017. Los análisis fueron realizados en el período comprendido entre el 14 de febrero del 2017 y el 20 de febrero 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 arman 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

## 7.4. Fotografías



Fotografía 1. Descarga del malecón de Quevedo



Fotografía 2.- Descarga 3 del Hotel del río



Fotografía 3.- Aforo a la descarga 1 antes del puente Velasco Ibarra en San camilo



Fotografía 4.- Descarga 2 bajo el mercado de marisco primera escalinata



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO  
**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES**

Telefax: (593-05) 759291  
Telf. UTEQ: (593-05) 750320 – 751430

Casillas: Guayaquil 10672 – Quevedo 73  
Km. 1.5 vía a Santo Domingo  
Quevedo – Los Ríos - Ecuador

Quevedo, 4 de abril del 2017

## CERTIFICACIÓN

El suscrito, Ing. Julio Cesar Pazmiño Rodríguez, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el proyecto de investigación de la estudiante Cuero Ordoñez Loida Eunice con el tema de: **“EVALUACION DE LA INCIDENCIA DE LAS DESCARGAS CONTAMINANTES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO QUEVEDO, CANTÓN QUEVEDO, PROVINCIA DE LOS RÍOS, AÑO 2016”**, fue ingresado al sistema URKUND y presentó el 10% de similitud, considerando el Reglamento e Instructivos de Proyecto de Investigación de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Ing. Julio Cesar Pazmiño Rodríguez  
**DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

## Urkund Analysis Result

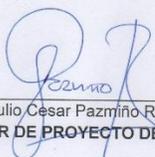
**Analysed Document:** TESIS PARA PRESENTAR LUNEEEEES.docx (D26967607)  
**Submitted:** 2017-04-03 05:47:00  
**Submitted By:** loida.cuero@uteq.edu.ec  
**Significance:** 10 %

### Sources included in the report:

PROYECTO 7 DE DICIEMBRE.pdf (D24261245)  
Tesis\_Maestría\_Julio.docx (D13062913)  
r. KEVIN TESIS urkund.docx (D24076769)  
Urkund Report - Tesis DIANA ORDOÑEZ (19) URKUND.docx (D20626674).pdf (D20640751)  
<http://elblogverde.com/contaminacion-de-los-rios/>  
[http://biblioteca.universia.net/html\\_bura/ficha/params/title/indice-calidad-agua-cuenca-rio-amajac-hidalgo-mexico-diagnostico-prediccion/id/37810951.html](http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/title/indice-calidad-agua-cuenca-rio-amajac-hidalgo-mexico-diagnostico-prediccion/id/37810951.html)  
<https://www.clubensayos.com/Tecnolog%C3%ADa/Metodo-Volumetrico/157403.html>  
[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1851-56572006000100007](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572006000100007)  
[https://www.researchgate.net/profile/Elizabeth\\_Acosta2/publication/255622816\\_Indice\\_de\\_calidad\\_del\\_agua\\_en\\_la\\_cuenca\\_del\\_rio\\_Amajac\\_Hidalgo\\_Mexico\\_Diagnostico\\_y\\_Prediccion/links/54b4008a0cf28ebe92e448f7.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Elizabeth_Acosta2/publication/255622816_Indice_de_calidad_del_agua_en_la_cuenca_del_rio_Amajac_Hidalgo_Mexico_Diagnostico_y_Prediccion/links/54b4008a0cf28ebe92e448f7.pdf)  
<https://prezi.com/49ngl3grrr/copy-of-copy-of-aguas-residuales/>

### Instances where selected sources appear:

47

  
Ing. Julio César Pazmiño Rodríguez  
DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Documento **TESIS PARA ERESERVAS LUNEEES.docx** (026967607)

Presentado 2017-04-02 22:47 (-05 00)

Presentado por [loldia.cuero@utaq.edu.ec](mailto:loldia.cuero@utaq.edu.ec)

Recibido [jpazmino.ureq@analysis.urkund.com](mailto:jpazmino.ureq@analysis.urkund.com)

Mensaje [Verificar si muestra la similitud](#)

10% de esta aprox. 54 páginas de documentos; luego se componen de texto presente en 10 fuentes.

Lista de fuentes	Boqu岸
<input type="checkbox"/>	<b>Categoría</b>
<input type="checkbox"/>	<b>Enlace/nombre de archivo</b>
<input type="checkbox"/>	TESIS CUARTO FECHA.docx
<input type="checkbox"/>	Proyecto investigación - Richard Pazmiño.docx
<input type="checkbox"/>	tesis final.docx
<input type="checkbox"/>	ZAMBRANO-COELLO-021-03-17.docx
<input type="checkbox"/>	TESIS ALABRERA DE HOCOCHE - SABA.docx
<input type="checkbox"/>	Tesis B1&3 SEP.docx
<input type="checkbox"/>	Urkund Report - TESIS DIANA ORDOÑEZ LIS URKUND.docx (020565623).pdf

58%

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

Proyecto de investigación previo a la obtención del Título de Ingeniería en Gestión Ambiental

TESIS DE GRADO - EVALUACION DE LA INCIDENCIA DE LAS DESCARGAS CONTAMINANTES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO

QUERVEDO,

CANTON QUERVEDO, PROVINCIA DE LOS

RIOS, AÑO 2015

AUTORA:

Cuero Ordóñez Loidia Emile

DIRECTOR:

Ing. Julio Cesar Pazmiño Rodríguez, MSc.

#1

Activo

Archivo de registro Urkund: UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUERVEDO / ZAMBRANO-COELLO... 58%

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

Proyecto de investigación previo a la obtención del Título de Ingeniería en Gestión Ambiental

PORTADA, Perù

Proyecto de investigación: "Modelización de la calidad del agua del estero Aguas

Canton Querredo, Provincia De Los

Ing. Julio Cesar Pazmiño Rodríguez  
DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACION