



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA:**

**Análisis de la calidad del agua del tramo C del Estero Salado y su  
interrelación con el desarrollo urbano.**

**AUTOR:**

**Vivanco Díaz, Alex Paul**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
INGENIERO CIVIL.**

**TUTOR:**

**Ing. Camacho Monar, Mélida Alexandra, PhD.**

**Guayaquil, Ecuador**

**27 de febrero del 2023**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

## CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Vivanco Díaz, Alex Paul**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

TUTORA

**Ing. Camacho Monar, Mérida Alexandra PhD.**

DIRECTORA DE LA CARRERA

---

**Ing. Stefany Alcívar Bastidas**

**Guayaquil, a los 27 días del mes de febrero del año 2023.**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

## DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Vivanco Díaz Alex Paul**

### DECLARO QUE:

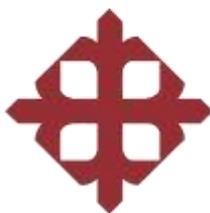
El Trabajo de Titulación: **Análisis de la Calidad del Agua del Tramo C del Estero Salado y su interrelación con el Desarrollo Urbano**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 27 días del mes de febrero del año 2023.**

**EL AUTOR**

**Vivanco Díaz, Alex Paul**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

### AUTORIZACIÓN

Yo, **Vivanco Díaz Alex Paul**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **Análisis de la Calidad del Agua del Tramo C del Estero Salado y su interrelación con el Desarrollo Urbano**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 27 días del mes de febrero del año 2023**

**EL AUTOR**

f. 

**Vivanco Díaz, Alex Paul**

# REPORTE URKUND

## Document Information

Analyzed document	Tesis Vivanco Alex.pdf (D159747819)
Submitted	3/1/2023 1:43:00 AM
Submitted by	
Submitter email	clara.glas@cu.ucsg.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	clara.glas.ucsg@analysis.urkund.com

## Sources included in the report

<b>W</b>	URL: <a href="https://telwesa.com/aguas-industriales/">https://telwesa.com/aguas-industriales/</a> Fetched: 3/1/2023 1:43:00 AM	 1
<b>SA</b>	<b>Universidad Católica de Santiago de Guayaquil / Pazmiño_Luis_corregido.docx</b> Document Pazmiño_Luis_corregido.docx (D112905095) Submitted by: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec Receiver: clara.glas.ucsg@analysis.urkund.com	 2
<b>W</b>	URL: <a href="https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionella/que-nos-dice-la-turbidez-sobre-la-calidad-">https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionella/que-nos-dice-la-turbidez-sobre-la-calidad-</a> Fetched: 3/1/2023 1:43:00 AM	 1
<b>W</b>	URL: <a href="http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/17471/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-424.pdf">http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/17471/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-424.pdf</a> Fetched: 11/25/2021 7:49:07 PM	 3
<b>W</b>	URL: <a href="http://201.159.223.180/bitstream/3317/17448/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-412.pdf">http://201.159.223.180/bitstream/3317/17448/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-412.pdf</a> Fetched: 11/17/2021 4:19:24 AM	 1
<b>SA</b>	<b>TFT-LUDEÑA ISAAC-urkund.docx</b> Document TFT-LUDEÑA ISAAC-urkund.docx (D142688053)	 1

## Entire Document

FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TEMA: ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL TRAMO C DEL ESTERO SALADO Y SU INTERRELACIÓN CON EL DESARROLLO URBANO. AUTOR: Vivanco Díaz, Alex Paul Trabajo de titulación previo a la obtención del título de INGENIERO CIVIL TUTOR: Ing. Camacho Monar, Mérida Alexandra, PhD. Guayaquil, Ecuador 24 de febrero del 2023

FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CERTIFICACIÓN Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por Vivanco Díaz, Alex Paul, como requerimiento para la obtención del título de Ingeniero Civil. TUTORA f. \_\_\_\_\_ Ing. Camacho Monar, Mérida Alexandra PhD. DIRECTORA DE CARRERA f. \_\_\_\_\_ Ing. Stefany Alcívar Bastidas, M.Sc. Guayaquil, a los 24 días del mes de febrero del año 2023.

FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Yo, Vivanco Díaz Alex Paul DECLARO QUE: El Trabajo de Titulación, "Análisis de la Calidad del Agua del Tramo C del Estero Salado y su interrelación con el Desarrollo Urbano"

f. 

## **AGRADECIMIENTOS.**

Agradezco en primer lugar a Dios por brindarme sabiduría en este proceso, a mis padres que con tanto esfuerzo y sacrificio me apoyaron desde el primer día y a toda mi familia que nunca dejo de motivarme para culminar esta linda etapa de mi vida.

A mi tutora, Ing. Mélida Camacho por ser mi guía durante el proceso de titulación, la cual me proporciono todas las herramientas que estuvieron a su alcance para lograr los objetivos y resultados de este trabajo de titulación.

A todos mis docentes que en el transcurso de estos años compartieron sus conocimientos para poder lograr esta meta.

Y por último agradecer a mis compañeros por hacer de esta etapa una de las mejores de mi vida.

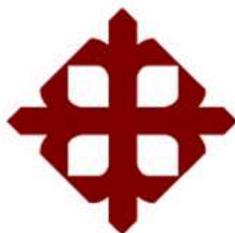
## **DEDICATORIA.**

Dedico este trabajo de titulación a mis padres que con amor, cariño y paciencia nunca dejaron de apoyarme y motivarme en el trayecto de esta anhelada meta.

A mis hermanos que han hecho sacrificios para que yo pueda cumplir esta meta. Los cuales estoy seguro de que se llenaran de orgullo al ver a su hermano mayor culminar la carrera.

Dedico este triunfo a todos mis familiares, en especial a mis abuelitos que siempre me llenaron de consejos y me motivaron a ser la persona que hoy soy.

Este trabajo de titulación me lo dedico a mí por nunca bajar los brazos y por luchar hasta el final.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. 

**ING. MÉLIDA ALEXANDRA CAMACHO MONAR, Ph. D.**

TUTOR

f. 

**ING. FEDERICO VON BUCHWALD DE JANON, Ph. D.**

DECANO

f. 

**ING. XAVIER PLAZA, Ph. D.**

DOCENTE DELEGADO

f. 

**ING. CLARA GLAS CEVALLOS, M.Sc.**

Oponente

## ÍNDICE

Capítulo I.....	2
1 Introducción.....	2
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivo General.....	4
1.2.2 Objetivos Específicos.....	4
1.3 Alcance.....	4
1.4 Metodología de Análisis.....	4
CAPÍTULO II.....	5
2 Marco Teórico.....	5
2.1 Ubicación Geográfica.....	5
2.2 Zonas de Influencia:.....	6
2.3 Crecimiento Poblacional e Industrial.....	7
2.4 Contaminación del Agua.....	9
2.5 Descargas Líquidas al Estero Salado.....	9
2.6 Aguas Residuales.....	9
2.7 Calidad de Agua.....	10
2.8 Áreas servidas con sistema de alcantarillado sanitario.....	11
2.9 Recolección de Desechos Sólidos.....	11
2.10 Estabilización de Taludes.....	12
2.11 Aguas Servidas.....	13
2.11.1 Cantidad de aguas Servidas.....	13
2.11.2 Calidad de aguas Servidas.....	13
2.12 Sistema de Aireación.....	13
2.13 Aguas Industriales.....	15
2.13.1 Diferencias según el tipo de Industria.....	15

2.13.2	Tipos de Tratamientos de Agua.....	15
2.13.3	Aguas Industriales en el Estero Salado.....	16
2.14	Aguas Residuales Pluviales. ....	17
2.15	Asentamientos en las orillas del Estero Salado.....	17
2.16	Condiciones Especiales en el Muestreo.....	17
2.16.1	Tipos de Muestras.....	17
2.16.2	Muestra Puntual.....	18
2.17	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO.....	18
2.18	Turbidez. ....	19
2.19	El pH. ....	19
2.20	ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA GENERAL “ICA”. ....	21
2.20.1	Estimación Del índice De Calidad De Agua General “Ica”. ....	21
CAPÍTULO III .....		29
3	Análisis de la Calidad del Agua del Estero Salado “Tramo C”. ....	29
3.1	Recopilación de Datos. ....	29
3.2	Análisis Muestra Histórica.....	30
3.2.1	Resultados de Análisis y Normativa Ambiental Aplicable. ....	33
3.3	Análisis de Muestreos. ....	37
3.3.1	Estaciones de Muestreo. ....	37
3.4	Muestreo del Tramo C del Estero Salado. ....	40
3.4.1	Estación de Muestreo P1. ....	42
3.4.2	Estación de Muestreo P2. ....	44
3.4.3	Estación de Muestreo P3. ....	46
3.4.4	Estación de Muestreo P4. ....	48
3.4.5	Estación de Muestreo P5. ....	50
3.4.6	Estación de Muestreo P6. ....	52
3.4.7	Promedio de Valores “ICA”. ....	54

3.4.8	Modelación “Grado de Calidad de Agua del Tramo C del Estero Salado”.....	54
3.4.9	Modelación “Grado de Calidad de Agua de los Tramos A – B y C” .....	55
3.5	Análisis de Resultados.....	58
	Conclusiones.....	60
	Recomendaciones.....	61
	Bibliografía.....	62

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Crecimiento Poblacional según datos del censo poblacional del INEC 2010.....	8
Tabla 2 Composición de los Desechos.....	12
Tabla 3 Contaminación que ingresa al Estero Salado.....	16
Tabla 4 Límites DBO.....	18
Tabla 5 Índice de Calidad de Agua.....	21
Tabla 6 Grado de Calidad de Agua.....	22
Tabla 7 Pesos Específicos Parámetros ICA.....	23
Tabla 8 "ICA" Muestra Histórica.....	31
Tabla 9 Base de Datos 2015 - 2021 "Muestra Histórica".....	32
Tabla 10 "ICA".....	39
Tabla 11 Criterio de Calidad de Agua según ICA.....	39
Tabla 12 Peso de Parámetros.....	40
Tabla 13 Peso de Parámetros con artificio.....	41
Tabla 14 Resultados Muestreo P1.....	43
Tabla 15 Resultados "ICA" P1.....	43
Tabla 16 Resultados Muestreo P2.....	45
Tabla 17 Resultados "ICA" P2.....	45
Tabla 18 Resultados Muestreo P3.....	47
Tabla 19 Resultados "ICA" P3.....	47
Tabla 20 Resultados Muestreo P4.....	49
Tabla 21 Resultados "ICA" P4.....	49
Tabla 22 Resultados Muestreo P5.....	51
Tabla 23 Resultados "ICA" P5.....	51
Tabla 24 Resultados Muestreo P6.....	53
Tabla 25 Resultados "ICA" P6.....	53
Tabla 26 Resultados "ICA".....	54

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Ubicación Geográfica del Estero Salado y Tramo C.....	5
Ilustración 2 Mapa Zonal Estero Salado.....	7
Ilustración 3 Aireación de los Tramos A, B y C. ....	14
Ilustración 4 Aireación del Tramo A, Estero las Garzas. ....	14
Ilustración 5 Valores de pH. ....	20
Ilustración 6 Valoración de la Calidad de Agua "Coliformes Fecales".....	24
Ilustración 7 Valoración de la Calidad de Agua "pH".....	24
Ilustración 8 Valoración de la Calidad de Agua "DBO5".....	25
Ilustración 9 Valoración de la Calidad de Agua "Nitratos".....	25
Ilustración 10 Valoración de la Calidad de Agua "Fosfatos".....	26
Ilustración 11 Valoración de la Calidad de Agua "Cambio de Temperatura".....	26
Ilustración 12 Valoración de la Calidad de Agua "Turbidez".....	27
Ilustración 13 Valoración de la Calidad de Agua "Sólidos Disueltos Totales".....	27
Ilustración 14 Valoración de la Calidad de Agua "Oxígeno Disuelto".....	28
Ilustración 15 Valoración de la Calidad de Agua "Oxígeno Disuelto".....	28
Ilustración 16 Ubicación Georreferenciada de la Muestra Histórica.....	30
Ilustración 17 Base de Datos 2015 - 2021 "DBO".....	34
Ilustración 18 Base de Datos 2015 - 2021 "DQO".....	34
Ilustración 19 Base de Datos 2015 - 2021 "Nitrógeno/Fósforo".....	35
Ilustración 20 Base de Datos 2015 - 2021 "Sólidos Suspendedos Totales".....	35
Ilustración 21 Base de Datos 2015 - 2021 "Oxígeno Disuelto".....	36
Ilustración 22 Base de Datos 2015 - 2021 "Coliformes Fecales".....	36
Ilustración 23 Estaciones de Muestreo del "Tramo C".....	37
Ilustración 24 Estación de Muestreo P1.....	42
Ilustración 25 Estación de Muestreo P2.....	44
Ilustración 26 Estación de Muestreo P3.....	46
Ilustración 27 Estación de Muestreo P4.....	48
Ilustración 28 Estación de Muestreo P5.....	50
Ilustración 29 Estación de Muestreo P6.....	52
Ilustración 30 Modelación de Valores "ICA" Promedio del Tramo C.....	55
Ilustración 31 Modelación de Valores "ICA" Promedio de los Tramos A – B y C.....	56
Ilustración 32 Deportes en el Tramo C del Estero Salado.....	57

## **Resumen.**

Siendo Guayaquil una ciudad asentada sobre ríos y brazos de mar, vías importantes por las cuales se formaron los pilares de su economía, su desarrollo y crecimiento poblacional a gran escala. Con el pasar de los años se ha convertido en la ciudad más grande del país, albergando una gran cantidad de habitantes que buscan crecer con ella.

Debido a este crecimiento a gran escala y con poca planificación ambiental, se ha visto afectado el recurso marítimo y fluvial. A partir de los años 50, hay un desarrollo poblacional de manera desordenada, causando contaminación a gran escala el cual afectaría de manera directa al Estero Salado. Tanto las descargas sólidas, descargas líquidas y las aguas servidas domésticas como industriales causaron un daño ambiental que hasta la actualidad no ha sido resuelto en su totalidad, afectando así el ambiente de la ciudad, ya que, esta es atravesada por un número considerable de Esteros.

A raíz de este problema, algunas entidades públicas como privadas han intentado recuperar parte del Estero Salado y devolverlo como era antes un atractivo turístico y balneario para los guayasenses y visitantes. Entre los años 2000 y 2020 se han llevado a cabo proyectos con el fin de determinar los niveles de contaminación y su mejoría.

Con el fin de determinar si en los últimos años se tiene mejoría o deterioro del Tramo C del Estero Salado, se ha llevado a cabo un muestreo y análisis de este, el cual será comparado con resultados de investigaciones anteriores.

**Palabras claves:** Recurso Fluvial, Descargas Sólidas y líquidas, Aguas Servidas Domésticas, Aguas Servidas Industriales.

## **Abstract**

Along with Rio Guayas, Guayaquil is best known for the waters of Estero Salado and the city that is built on its shore. The city's beauty is based on the influence of Estero, which has its flora and fauna in every direction; Its path is surrounded by magnificent mangroves, and its waters are popular with birds and other animals. Estero Salado is unquestionably an image that every person who enters the city will carry with them for the rest of their lives. with a journey of 30 kilometers of great benefit, such as hosting the nation's most important marine port and principal driver of the local economy's flow. The shores of Estero serve as a model for the city's growth, and large warehouses and factories have settled there to this day, both to the north and south, promoting its vicinity's urban growth. Between 1940 and 1950, Estero begins to lose its beauty, its shores begin to fill with garbage, its waters are full of sediment, and there are high levels of pollutants from industry and homes. Between 1950 and 2022, the contamination has not stopped, and the difference between the past and the present is obvious. Consequently, authorities who have attempted to stop contamination and achieve partial regeneration are concerned.

Keywords: Fluvial Resource, Solid and Liquid Discharges, Domestic Sewage, Industrial Sewage.

# Capítulo I

## 1 Introducción.

Las aguas del Estero Salado son característica principal de la ciudad de Guayaquil junto con el Río Guayas, ciudad asentada sobre sus orillas. La belleza de la ciudad se apoya en las ramificaciones del Estero el cual dota de su flora y fauna en todo su trayecto; esplendorosos manglares cercan su trayectoria, aves y demás especies gozan de sus aguas. Sin duda, el Estero Salado es una imagen que cualquier persona al pisar la ciudad se lleva consigo por el resto de sus días. Con un trayecto de 30 kilómetros de gran beneficio como lo es acoger al Puerto Marítimo más importante del país, motor principal de la economía local.

La ciudad logra desarrollarse cogiendo como referencia las orillas del Estero, tanto en dirección Norte como al Sur, grandes fábricas y bodegas se asentaron entre 1940 y 1950; fomentando a su alrededor el creciente desarrollo urbano. Como consecuencia el Estero Salado comienza a perder la belleza de sus tiempos de antaño, sus orillas comenzaron a llenarse de basura, sus aguas de sedimentos y altos contaminantes producto de las descargas industriales y domiciliarias.

Entre los años 1950 y 2023, la contaminación no ha cesado y es evidente el impacto ambiental en el año 2023. Preocupando así a autoridades, las cuales han hechos esfuerzos para poder detener su contaminación y lograr una regeneración parcial.

## **1.1 Antecedentes.**

LAHMEYER cimentaciones realizo un estudio en el año 2000 sobre la situación del Estero Salado y su deterioro por diferentes tipos de contaminantes descargados hacia el sistema estuarino a lo largo del tiempo. Gracias a este estudio se propusieron diversas soluciones para lograr la restauración de la calidad del Agua del Estero Salado. El propósito de estos estudios es recuperar las aguas cristalinas, flora, fauna y brindar así un lugar de recreación a los habitantes y turistas de la ciudad.

El proyecto PIRES es el segundo de mayor importancia, fue una continuación del estudio realizado por LAHMEYER y se encargaría de concretar los proyectos más eficaces para la mejoría de la calidad del agua. Entre los proyectos más importantes se pudo encontrar el colector de aguas residuales de los Tramos A, B y C. Así también el proyecto de aireación del agua, el cual no tuvo los resultados esperados ya que no se tenía experiencia en dar esta solución en aguas afectadas por mareas. Se concluyeron algunos proyectos para embellecer las orillas del Estero para así evitar asentamientos irregulares sobre ellas y proteger el sistema estuarino.

## **1.2 Objetivos.**

### **1.2.1 Objetivo General**

- Analizar la calidad del agua del Tramo C del Estero Salado de las condiciones físicas, químicas y bacteriológicas, comparar los resultados con análisis hechos en el pasado, para identificar deterioro o mejoría de la calidad del agua.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Obtener información de los últimos 10 años.
- Realizar muestreos en el Tramo C del Estero Salado.
- Realizar el Análisis de calidad del agua del Tramo C del Estero Salado.
- Realizar el análisis metodológico a través del NSF (Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos) para determinar la calidad del agua del Tramo C del Estero Salado.

## **1.3 Alcance.**

Detallar la calidad del agua del Tramo C del Estero Salado y hacer comparaciones de los diferentes fronteras físicas, químicas y bacteriológicas con la normativa ambiental aplicable, hacer sistematizaciones con toda la información disponible para deducir el nivel de deterioro o en su defecto la mejoría de la calidad del agua que existe en el Tramo C del Estero Salado obtenida en los últimos 20 años, tomando en cuenta todos los proyectos ya hechos.

## **1.4 Metodología de Análisis.**

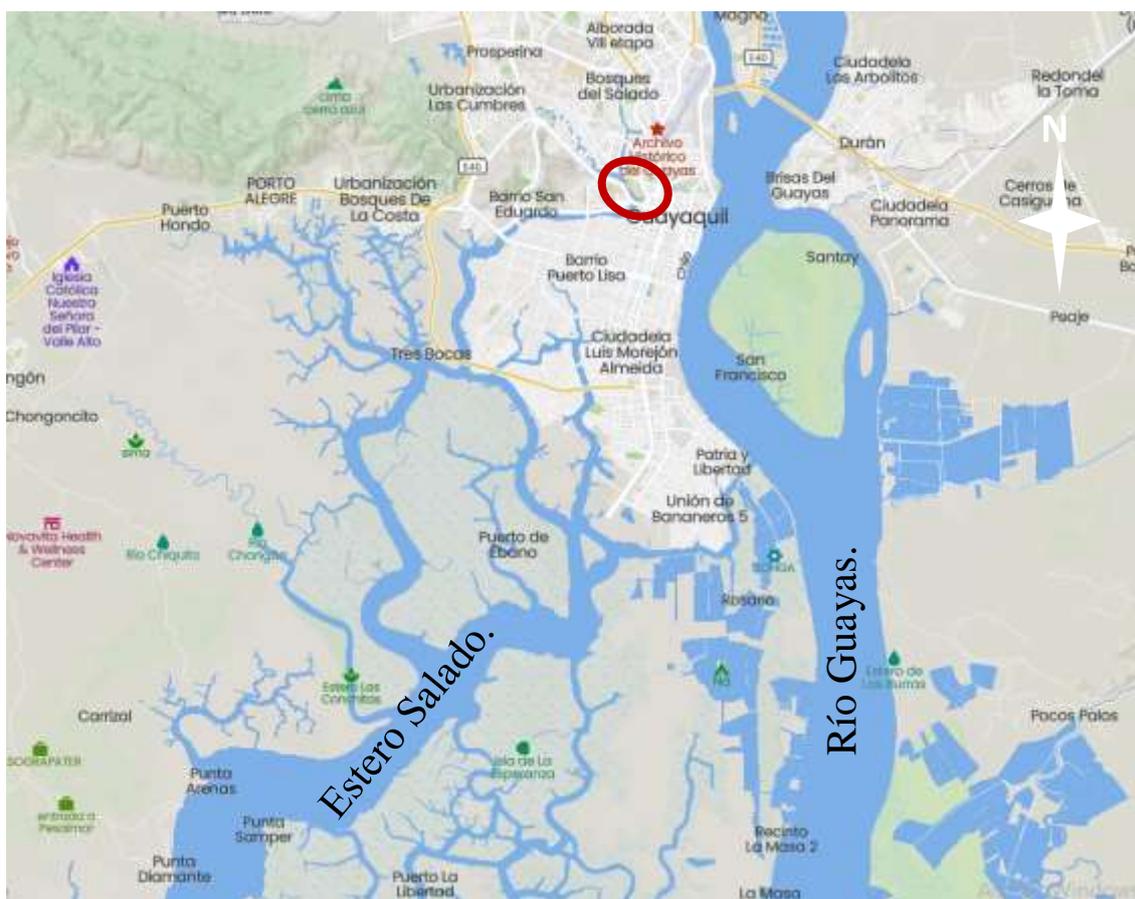
Para el desarrollo de la indagación se cuenta con información que corresponde a datos de calidad de agua del Estero Salado facilitada por EMAPAG-EP, Interagua y la Dirección de Medio Ambiente de Guayaquil, así como datos de otros proyectos como LAHMEYER, el Proyecto PIRES, Guayaquil Ecológico, entre otros. Con toda la información obtenida se hizo un estudio estadístico de los monitoreos de la calidad del agua, así como la comparación y estudio con la normativa aplicable con el objetivo de conocer la calidad del agua del Estero Salado. Además, se verificó los diferentes proyectos existentes y se concluyó si dichos proyectos han dado resultados positivos.

## CAPÍTULO II

### 2 Marco Teórico.

#### 2.1 Ubicación Geográfica.

El Estero Salado se ubica al Oeste de la ciudad de Guayaquil, con una extensión de 30 km que atraviesa la ciudad de Oeste a Este por medio de sus ramificaciones. Sus coordenadas UTM WGS84 son: 605629 a 626033.1 al Este y 9742059.5 a 9764155 al Norte. Se divide en tres tramos zonificados, Zona 1: con los Tramos A, B, C, D, Zona 2: con los Tramos E, G, H, I, Tramo Estero Cobina, Zona 3: Tramo Puerto Hondo y Ramales varios.



**Ilustración 1 Ubicación Geográfica del Estero Salado y Tramo C.**

**Fuente:** Google Earth 2023.

## **2.2 Zonas de Influencia:**

Las 3 zonas de división son las establecidas por LAMEHYER, quienes se basaron en condiciones geográficas y urbanísticas para dividir las. Cada una de las zonas se encuentran también subdivididas en tramos por su ubicación. (LAHMEYER - CIMENTACIONES, 2000)

**Zona 1:** Es el conjunto de 5 tramos ubicados en una zona que consta de servicios básicos tales como agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial lo cual favorece a la reducción de contaminantes en los tramos. (LAHMEYER - CIMENTACIONES, 2000)

- Tramo A: Está ubicado entre Urdesa y la Kennedy.
- Tramo B: Se encuentra entre el parque Miraflores y el puente que une la ciudadela Kennedy con Urdesa.
- Tramo C: Este tramo se localiza entre el punto donde se conectan las ramas A y B, y el puente 5 de junio.
- Tramo D: Está localizado entre el puente 5 de junio y el puente de la calle 17.

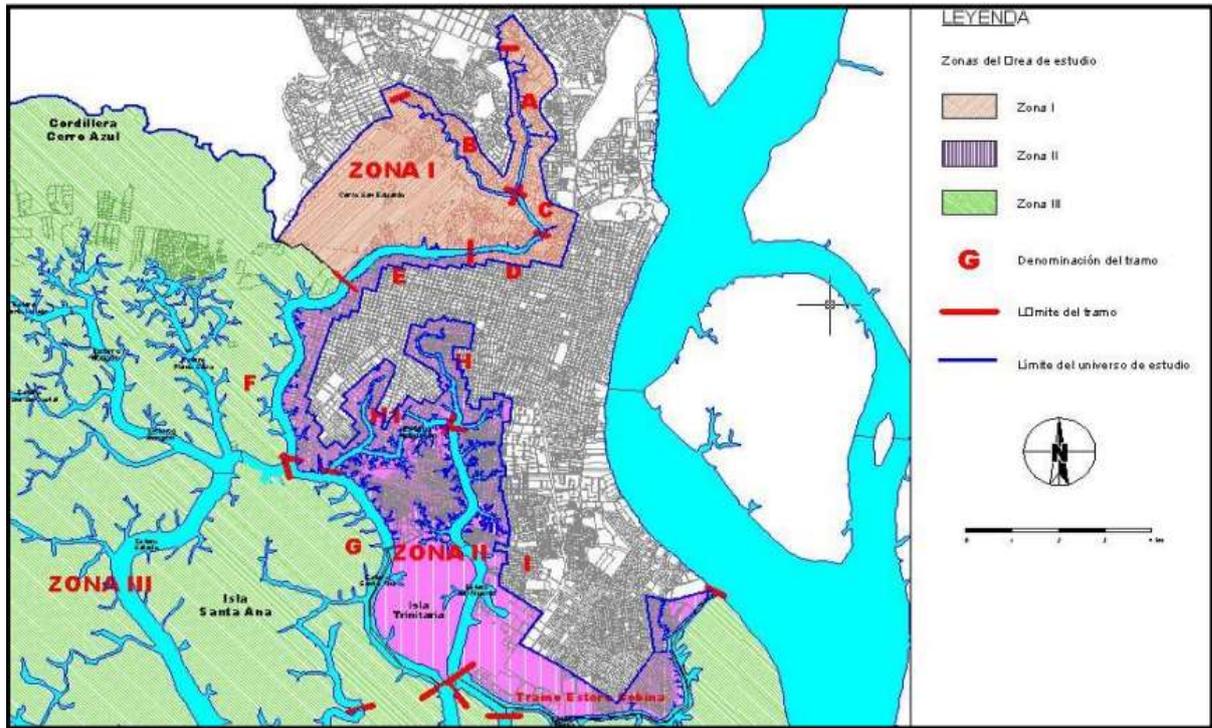
**Zona 2:** Compuesto por 5 tramos ubicados en zonas donde hubo asentamientos de habitantes no programados los cuales no contaban con servicios básicos y por necesidad realizaban todas sus descargas de aguas servidas en el Estero, hasta la actualidad no se puede garantizar que este tramo no sufra de descargas de aguas negras o grises de los hogares asentados en sus orillas. Esta sería una zona con alta contaminación hacia el Estero Salado ya que no cuentan con recolectores de basura en algunas partes. (LAHMEYER - CIMENTACIONES, 2000)

- Tramo E: Esta entre los puentes de la calle 17 y el de Portete.
- Tramo G: Esta entre el Estero Santa Ana y la parte sur de la Isla Trinitaria.
- Tramo H: Esta entre Puerto Liza y termina en Cuatro bocas.
- Tramo I: Inicia en Cuatro Bocas y termina en el Puerto Marítimo.
- Tramo Estero Cobina: Este tramo se encuentra entre el río Guayas y la parte Sur de la Isla Trinitaria.

**Zona 3:** Cuenta con solo 2 divisiones compuestas por algunos ramales. (LAHMEYER - CIMENTACIONES, 2000)

- Tramo Puerto Hondo: Es el área entre Puerto Hondo y los Esteros Plano Seco, Estero Mangón, Estero Madre de Costal.

- Ramales varios: Son los ramales del área comprendida al Oeste Los Esterillos, con el sur de la isla Santa Ana, y el Norte y Oeste de la isla La Esperanza.



**Ilustración 2 Mapa Zonal Estero Salado.**

**Fuente:** Lahmeyer Cimentaciones, 2000.

### 2.3 Crecimiento Poblacional e Industrial.

Por los años 1950 en la ciudad de Guayaquil se produce el estallido de crecimiento poblacional e industrial, el cual ha dejado secuelas por el crecimiento desmedido y desproporcionado de los sectores urbanos con un sinnúmero de asentamientos irregulares e invasiones. La ciudad y su entorno comienzan a sentir un incremento en la contaminación de los ramales del Estero Salado.

Se encontró en los archivos del Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC, los siguientes datos sobre la cantidad poblacional desde 1950 hasta el 2010 que fue el último censo en archivos.

El primer censo nacional fue en el año 1950 en donde los periódicos ya proporcionaban las cifras correspondientes a las capitales provinciales del Ecuador: Guayaquil con

265.624 habitantes, Otavalo con 8.500, Cuenca con 46.428, Manta con 18.559, Tulcán con 10.641, Santa Rosa con 4.359. (INEC, 2015, p. 54).

Los censos de población en el Ecuador se han levantado con una periodicidad promedio de diez años, constituyéndose en la única fuente de información para niveles geográficos menores y proporcionan información relevante para el análisis y evaluación del crecimiento poblacional, demanda de servicios básicos, condición socioeconómica de las personas, entre otras múltiples aplicaciones. Los censos permiten la formulación de políticas, programas y estrategias de desarrollo social por parte del Estado, así como en la toma de decisiones llevadas a cabo por el sector privado. En el Ecuador existen siete censos de población, realizados en los años: 1950, 1962, 1974, 1982, 1990, 2001 y 2010. (Carrillo, 2012, p. 9).

Se puede evidenciar el incremento poblacional de Guayaquil en los siguientes datos obtenidos del INEC:

**Tabla 1 Crecimiento Poblacional según datos del censo poblacional del INEC 2010.**

<b>Año</b>	<b>Población</b>	<b>Tasa de Crecimiento</b> <b>%</b>
<b>1950</b>	582.144	-
<b>1962</b>	979.223	4,33
<b>1974</b>	1.512.333	3,76
<b>1982</b>	2.038.454	3,52
<b>1990</b>	2.515.034	2,63
<b>2001</b>	3.309.034	2,49
<b>2010</b>	3.645.483	1,08

**Fuente: INEC, 2015.**

De cara al crecimiento poblacional desmedido, la población comenzó a apropiarse de los elementos naturales que pertenecen al Estero. Se produjeron rellenos indebidos y cierres de ramales, afectando así la estabilidad ambiental del Estero Salado. Daños que paulatinamente fueron creciendo.

En 1950 se logra la construcción de la vía Guayaquil – Balzar – Quevedo, esta se conectaba con el puente 5 de junio dando así una proximidad a la Av. Carlos Julio

Arosemena donde se asentarían grandes industrias provocando así un relleno de 48.000 m<sup>2</sup> afectando de manera directa las orillas del Estero Salado.

## **2.4 Contaminación del Agua.**

Siendo el agua un elemento principal para los seres vivos se le da poca importancia a todos los contaminantes que desechamos en ella. El planeta nos recuerda la importancia de ella cada vez que nos da sequías y nos limita el acceso. Los diferentes contaminantes del agua degradan la salud de los que la consumen, motivo suficiente para cuidar este recurso.

Desgraciadamente, agua y contaminación son dos palabras íntimamente relacionadas como consecuencia de la actividad humana. Los tipos de contaminación del agua que tienen su origen en los seres humanos son, además, muy variados. (Aqua Fundación, 2021).

La contaminación del agua tiene efectos devastadores para la protección del medio ambiente y la salud del planeta. Algunas de las consecuencias más importantes de los diferentes tipos de contaminación en el agua son: la destrucción de la biodiversidad, la contaminación de la cadena alimentaria que supone la transmisión tóxica a los alimentos y la escasez del agua potable. (Aqua Fundación, 2021).

## **2.5 Descargas Liquidas al Estero Salado.**

El principal responsable de la contaminación del Estero Salado son las descargas liquidas emitidas por industrias o domicilios. El agua se contamina cuando un factor no natural hace contacto con ella, afectando así la calidad de esta. Los factores pueden ser; descargas de aguas servidas de industrias o domésticas, basura arrojada directa o indirectamente al afluente, entre otras cosas. Se define como aguas servidas a las aguas que contienen contaminantes y gérmenes lo que obliga a evacuarlas de formar segura, tanto para las personas, como para el ambiente. Evacuar las aguas servidas, a simple vista, parece sencillo, pero no es así.

## **2.6 Aguas Residuales.**

Las aguas residuales son cualquier tipo de agua cuya calidad está afectada negativamente por la influencia antropogénica. Se trata de agua que no tiene valor inmediato para el fin

para el que se utilizó ni para el propósito para el que se produjo debido a su calidad, cantidad o al momento en que se dispone de ella. (Zarza, s.f.)

Existen diferentes tipos de aguas residuales según su origen. Los principales tipos de aguas residuales son:

- **Aguas residuales urbanas:** Las aguas residuales domésticas o la mezcla de éstas con aguas residuales industriales o con aguas de escorrentía pluvial.
- **Aguas residuales domésticas:** Las aguas residuales procedentes de zonas de vivienda y de servicios, generadas principalmente por el metabolismo humano y las actividades domésticas.
- **Aguas residuales industriales:** Todas las aguas residuales vertidas desde locales utilizados para cualquier actividad comercial o industrial, que no sean aguas residuales domésticas ni aguas de escorrentía pluvial.

## 2.7 Calidad de Agua.

La calidad del agua, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud y otros organismos internacionales, se puede resumir como las condiciones en que se encuentra el agua respecto a características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano. La calidad del agua, en general, se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares. Este concepto ha sido asociado principalmente al uso del agua para consumo humano, sin embargo, dependiendo de otros usos también se puede definir la calidad del agua en función de ello. El deterioro de la calidad del agua se ha convertido en motivo de preocupación a nivel mundial, debido al crecimiento de la población humana, la expansión de la actividad industrial y agrícola y la amenaza del cambio climático como causa de importantes alteraciones en el ciclo hidrológico. (Gomez, 2016)

La calidad de cualquier masa de agua, superficial o subterránea depende tanto de factores naturales como de la acción humana. Sin la acción humana, la calidad del agua vendría determinada fundamentalmente por la erosión del substrato mineral, los procesos atmosféricos de evapotranspiración y sedimentación de lodos y sales, la lixiviación natural de la materia orgánica y los nutrientes del suelo por los factores hidrológicos, y los procesos biológicos en el medio acuático que pueden alterar la composición física y

química del agua. Es así como la calidad del agua, en general, se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares. (Gomez, 2016)

## **2.8 Áreas servidas con sistema de alcantarillado sanitario.**

El sistema de Alcantarillado sanitario inicial, conocido como White, fue planeado y construido en los años 30, para el área urbana de la ciudad, que en la actualidad constituye el centro de la urbe. (LAHMEYER - CIMENTACIONES, 2000)

La ciudad dispone de un sistema separado de aguas servidas y aguas pluviales. La cobertura actual del servicio es muy similar a la de Agua Potable, según INEC 1993. Para esa fecha el servicio de recolección de las aguas residuales se efectúa en el 58,9 % de las viviendas de la ciudad y en el 41,1 % no se dispone de él. Las áreas urbano-marginales son las carentes del servicio, en las cuales los problemas de salud predominantes se deben a enfermedades hídricas. Se considera que el manipuleo que recibe el agua que es provista por tanqueros y la falta de higiene en su conservación, contribuye a la contaminación de esta. (LAHMEYER - CIMENTACIONES, 2000)

La administración del Alcantarillado ha dividido a la ciudad en cuatro grandes zonas para un mejor funcionamiento del Sistema, manejadas por técnicos de la EMAPAG, quienes dirigen las labores diarias dentro de ellas, en lo que se refiere a la operación y mantenimiento, tanto de colectores, plantas y estaciones de bombeo, estos técnicos laboran coordinadamente con el respectivo departamento de la Empresa. de Alcantarillado. (LAHMEYER - CIMENTACIONES, 2000)

## **2.9 Recolección de Desechos Sólidos.**

El Consorcio ILM, en su informe de labores de 1996 indica que la media del período de enero de 1995 a enero de 1997 en toneladas/ día es de 1.462. Se considera que la producción de basura por persona es de 0,8 kg en la ciudad de Guayaquil, por lo que se concluye que parte de la basura producida en la ciudad no es recogida diariamente, sino que se lo hace mediante operativos populares. (LAHMEYER - CIMENTACIONES, 2000)

**Tabla 2 Composición de los Desechos.**

Tipo de desecho	Porcentaje
Materia orgánica	77,41%
Papel	9,00%
Cartón	4,27%
Plástico	4,65%
Vidrio	2,09%
Metales	1,27%
Otros	1,31%

**Fuente:** Consorcio ISTA-CPR ,1997.

Cantidades de lixiviados: Del informe de labores de ILM, sobre los lixiviados se indica que la media diaria del período de dos años es de 70 litros/ día y su promedio por toneladas de basura es de 44,37 litros. A la presente fecha no existe tratamiento para ellos y son vertidos nuevamente sobre las capas de relleno. (LAHMEYER - CIMENTACIONES, 2000)

### **2.10 Estabilización de Taludes.**

Un gran obra y medida muy importante para la recuperación será la liberación y la estabilización de los taludes. Se considera los taludes como parte integrante del cuerpo de agua que necesita por consecuencia la misma atención. La mejora del estado de los taludes permitirá además a un mayor parte de la población de aprovechar del recurso hídrico. (Camacho, 2021)

La medida de recuperación de los taludes se justifica principalmente por los siguientes argumentos:

- Reducción de la contaminación por desechos sólidos,
- Acceso libre y uso público de las orillas mejoradas.
- Creación de un ambiente biológico rico (en algunas partes),

Además, se espera mejorar a las descargas de los canales pluviales y de la sección hidráulica. La franja de talud deberá ser controlada y accesible para las autoridades responsables del Estero y el público, para aprovechar del Estero limpio. (Camacho, 2021)

## **2.11 Aguas Servidas.**

### **2.11.1 Cantidad de aguas Servidas.**

El flujo total de aguas servidas industriales y domésticas de la ciudad de Guayaquil es de aproximadamente 61.500 m<sup>3</sup>/día, de los cuales drenan 15.000 m<sup>3</sup>/día al brazo represado Urdenor y 18.000 m<sup>3</sup>/día al tramo Urdesa–Miraflores. (LAHMEYER - CIMENTACIONES, 2000)

### **2.11.2 Calidad de aguas Servidas.**

Con respecto al recurso agua se ha establecido que el grupo de industrias de productos alimenticios, bebidas y tabacos, fábricas de productos textiles y de papel y cartón, son las principales aportantes de carga orgánica, sólidos en suspensión, así como de aceites y grasas a los cuerpos de agua receptores. (LAHMEYER - CIMENTACIONES, 2000)

El estudio ha estimado, tomando en cuenta a las industrias de alimentos y bebidas como principal aportante de carga orgánica y al consumo de agua de las principales industrias de este grupo, una carga orgánica sobre el río Guayas, río Daule y Estero Salado de 17.000 Kg DBO<sub>5</sub>/día, provenientes del límite urbano de la ciudad de Guayaquil. Por otro lado, el caudal estimado de las aguas servidas industriales de este grupo, determinado sobre la base de ciertos factores de emisión, es de alrededor de 12.000 m<sup>3</sup>/día. El 24% de estas descargas llegan al Estero Salado. (LAHMEYER - CIMENTACIONES, 2000)

## **2.12 Sistema de Aireación.**

El objetivo del subproyecto de aireación es producir un mejoramiento inmediato de las condiciones organolépticas de los Tramos A, B y C del Estero Salado, mediante la instalación de sistemas de aireación artificial. La Aireación del Estero Salado se ha incluido como una medida para acelerar el proceso de recuperación de las aguas del Estero Salado en los Tramos del norte; sin embargo, dado que no hay experiencia en nuestra región en aireación de cuerpos de agua con influencia de marea, este subcomponente incluye una etapa de proyectos piloto por medio de los cuales se defina la mejor opción tecnológica para airear la masa de agua del Estero Salado. (Camacho, 2021)



**Ilustración 3 Aireación de los Tramos A, B y C.**

**Fuente:** Hidroestudios, 2006.

Para el efecto, se construyó una Estación Experimental en el Tramo A del Estero Salado, que colinda con la Urbanización Las Garzas. El proyecto piloto estuvo a cargo de la Dirección de Medio Ambiente del Municipio de Guayaquil. (Camacho, 2021)



**Ilustración 4 Aireación del Tramo A, Estero las Garzas.**

**Fuente:** Google Earth, 2023.

## **2.13 Aguas Industriales.**

Son todas las aguas generadas por la actividad industrial. Una vez utilizadas, éstas deben ser tratadas antes de ser devueltas al medio natural, a la red de saneamiento o para su reutilización. Existen diferentes soluciones de tratamiento debido a los distintos tipos de aguas industriales.

### **2.13.1 Diferencias según el tipo de Industria.**

Las industrias generan una gran cantidad de aguas residuales, independientemente de su sector debido a sus procesos, ya sean de fabricación, producción, transformación, limpieza, mantenimiento o consumo. Las características físicas y químicas de las aguas residuales pueden cambiar por completo dependiendo de la industria y sus procesos productivos, por eso es de mucha importancia su caracterización.

Una vez utilizada, el agua debe ser devuelta al medio natural, verterse a la red de saneamiento o ser reutilizada y, para ello, primero debe ser tratada. En el caso de ser devuelta al medio natural, el tratamiento debe asegurar que el vertido no cause ningún impacto ambiental. Por el contrario, si se vierte a la red pública de saneamiento, su composición debe cumplir con todos los parámetros físicos y químicos de la normativa actual. Por último, si es reutilizada, debe poder recuperar sus características iniciales y cumplir la normativa aplicable a la reutilización de aguas regeneradas. (telwesa, 2021)

Es vital la reutilización de las aguas residuales, debido a su importancia medioambiental y económica.

### **2.13.2 Tipos de Tratamientos de Agua.**

- **Tratamiento Físico:** Esta etapa está conformada por una serie de tratamientos físicos cuyo objetivo es eliminar aquellos residuos de mayor tamaño como grasas, arenas, aceites y demás elementos sólidos. Para ello, se pueden utilizar tamices, separadores, filtros, desarenadores o técnicas de decantación, así como membranas de ultrafiltración, nanofiltración u ósmosis inversa. (telwesa, 2021)
- **Tratamiento Químico:** En el caso del tratamiento químico, se pueden realizar tratamientos de oxidación avanzados en el cual se introducen agentes químicos oxidantes como el ozono, peróxido de hidrógeno o cloro que convierten la materia orgánica en dióxido de carbono y agua. Por otro lado, se pueden añadir floculantes

y coagulantes químicos para favorecer la agregación de la materia orgánica en flóculos que permitan su sedimentación o la decantación. (telwesa, 2021)

- **Tratamiento Biológico:** el tratamiento biológico se basa en la utilización de bacterias y microorganismos que se alimentan de sustancias orgánicas biodegradables con el objetivo de eliminar los nutrientes del agua. Hay muchas configuraciones distintas como son los MBR de nitrificación-desnitrificación o sistemas convencionales. (telwesa, 2021)

### **2.13.3 Aguas Industriales en el Estero Salado.**

En el Estero Salado, las principales industrias que aportan carga de aguas residuales son aquellas que se dedican a la elaboración de productos alimenticios, papel, bebidas, tabacos y cartón. Se ha estimado que la carga orgánica que llega al Estero Salado es de aproximadamente 17000 kg DBO<sub>5</sub>/día, procedente del límite urbano de Guayaquil.

El Estero Salado recibió una repartición de caudales de aguas residuales industriales de un 24% provenientes de los sectores industriales mencionados, lo que representa una carga contaminante de 4080 kg DBO<sub>5</sub>/día. (LAHMEYER - CIMENTACIONES, 2000)

Esta repartición está distribuida en la Tabla 3.

**Tabla 3 Contaminación que ingresa al Estero Salado.**

Zona Industrial	Repartición (%)	Carga Contaminante DBO <sub>5</sub> kg/día
<b>Z3 – Juan Tanca Marengo</b>	8	1360
<b>Z4 – Mapasingue</b>	11	1870
<b>Z7 – Vía a la Costa</b>	5	850
<b>Total</b>		4080

**Fuente:** Lahmeyer Cimentaciones, 2000.

Se discutió la contaminación de las aguas del Estero Salado provenientes del sector industrial, donde se atribuye a esto un gran valor de contaminación por metales pesados y de otras materias altamente tóxicas.

## **2.14 Aguas Residuales Pluviales.**

Son aquellas aguas que se generan mediante la precipitación natural. En zonas urbanas estas aguas no son absorbidas por el suelo, sino que se escurre por edificios, calles y otras superficies. Las aguas residuales pluviales fluyen hasta las alcantarillas y el sistema de drenaje pluvial de la ciudad.

## **2.15 Asentamientos en las orillas del Estero Salado.**

El asentamiento informal entre los años 1962 – 1974, en las orillas del Estero Salado han causado el estrechamiento del cauce. Las zonas más comunes de estos asentamientos son, donde se ubican estratos sociales bajos, los cuales carecen de sistemas e infraestructuras de servicios básicos. La Zona II del Estero Salado está afectado de manera directa por este tipo de problemática.

El Suburbio Oeste sigue rellorando ramales del Estero Salado para dar espacio a la población para su asentamiento, esto a su vez también en ciertos casos producen la obstrucción de los sistemas de alcantarillado pluviales, modificaciones del cauce propio del Estero y desgaste de los taludes de este (Lahmeyer - Cimentaciones, 2000).

## **2.16 Condiciones Especiales en el Muestreo.**

### **2.16.1 Tipos de Muestras.**

Son necesarios para indicar la calidad del agua, todos los datos analíticos obtenidos mediante la determinación de parámetros como: las concentraciones de material inorgánico, minerales o químicos disueltos, gases disueltos, materia orgánica disuelta y materia en suspensión en el agua o en el sedimento en un tiempo y lugar específicos o a intervalos de tiempo y en un lugar en particular. (INEN, 2013)

- **Muestra compuesta.** Es la formada por dos o más muestras o submuestras, mezcladas en proporciones conocidas, de la cual se puede obtener un resultado promedio de una característica determinada. Las proporciones para la mezcla se basan en las mediciones del tiempo y el flujo. (INEN, 2013)
- **Muestra instantánea, puntual, individual.** Es la muestra tomada al azar (con relación al tiempo y/o lugar de un volumen de agua). (INEN, 2013)
- **Equipo de muestreo:** Es el equipo usado para obtener una muestra de agua, para el análisis de varias características predefinidas. (INEN, 2013)

- **Muestreo.** Es el proceso de tomar una porción, lo más representativa, de un volumen de agua para el análisis de varias características definidas. (INEN, 2013)

### 2.16.2 Muestra Puntual.

La muestra puntual es adecuada para la investigación de una posible polución y en estudios para determinar su extensión o en el caso de recolección automática de muestra individual para determinar el momento del día cuando los contaminantes están presentes. También se puede tomar muestras puntuales para establecer un programa de muestreo más extensivo. Las muestras puntuales son esenciales cuando el objetivo del programa de muestreo es estimar si la calidad del agua cumple con los límites o se aparta del promedio de calidad. (INEN, 2013)

### 2.17 Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO.

La DBO es la demanda bioquímica de oxígeno que tiene el agua. Es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o anaeróbicas), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se utiliza para medir el grado de contaminación. La DBO es un proceso biológico y por lo tanto es delicado y requiere mucho tiempo. Como el proceso de descomposición depende de la temperatura, se realiza a 20°C durante 5 días de manera estándar, denominándose DBO5. (Induanalisis, 2019)

El DBO indica la cantidad de oxígeno disuelto mg/L que se requiere para la degradación biológica de sustancias orgánicas durante un tiempo determinado. Al eliminarse el oxígeno del agua se puede provocar la muerte de los seres vivos que respiran oxígeno. El valor de este parámetro no puede superar los límites establecidos.

Con carácter general, cuanta más contaminación, más DBO. Proporciona una medida aproximada y algunos valores de referencia en función del tipo del agua pueden ser:

**Tabla 4 Límites DBO.**

Límites de DBO5	
<b>Pura</b>	2 – 20 mg/l
<b>Poco Contaminada</b>	20 – 100 mg/l
<b>Medianamente Contaminada</b>	100 – 500 mg/l
<b>Muy Contaminada</b>	500 – 3000 mg/l
<b>Extremadamente Contaminada</b>	3000 – 15000 mg/l

Fuente: Ibáñez, 2017.

### **2.18 Turbidez.**

La turbidez del agua es uno de los parámetros más importantes en la calidad del agua de consumo humano. Un agua turbia no solamente tiene un impacto estético negativo para el consumidor, la turbidez es también un indicativo de una mayor probabilidad de contaminación microbiológica y por compuestos tóxicos, que se adhieren a la materia dispersa en el agua. Y, consecuentemente, indica también una mayor dificultad para la desinfección efectiva del agua. (Higiene Ambiental, 2018)

El control de la turbidez del agua está estrechamente relacionado con la eficacia de los procesos de desinfección, tanto químicos (cloro u otros biocidas) como físicos (radiaciones UV). A mayor turbiedad, mayor particulado en suspensión en el agua, lo que aumenta la posibilidad de refugio de bacterias, virus y protozoos patógenos en los micro huecos de las partículas en suspensión, y la disminución de la eficacia de los desinfectantes, al no poder contactar físicamente con el organismo a eliminar. (Higiene Ambiental, 2018)

Según la OMS (Organización Mundial para la Salud), la turbidez del agua para consumo humano no debe superar en ningún caso las 5 NTU, y estará idealmente por debajo de 1 NTU. (Robredo, 2022)

La turbidez es un parámetro que se mide en todas las etapas del proceso, puesto que es una forma de asegurar que los tratamientos efectuados están dando los resultados esperados. La metodología de trabajo consiste en aplicar un haz de luz (tungsteno o LED) a las muestras recogidas y observar la dispersión de la luz que producen las partículas presentes en el medio. (Hanna Instruments, 2022)

### **2.19 El pH.**

El pH indica la acidez o alcalinidad del agua. Se establecen una escala de 0 a 14, donde 7 es neutro, si se tiene pH inferior que 7 consideramos que el agua es ácida. El pH influye directamente en la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución. No tiene efectos directos en la salud, pero si influye en los procesos de tratamiento del agua, como en la desinfección y coagulación.

El pH es una de las pruebas más comunes para conocer parte de la calidad del agua. El pH indica la acidez o alcalinidad, en este caso de un líquido como es el agua, pero es en realidad una medida de la actividad del potencial de iones de hidrógeno ( $H^+$ ). Las mediciones de pH se ejecutan en una escala de 0 a 14, con 7.0 considerado neutro. Las soluciones con un pH inferior a 7.0 se consideran ácidos. Las soluciones con un pH por encima de 7.0, hasta 14.0 se consideran bases o alcalinos. Todos los organismos están sujetos a la cantidad de acidez del agua y funcionan mejor dentro de un rango determinado. La escala de pH es logarítmica, por lo que cada cambio de la unidad del pH en realidad representa un cambio de diez veces en la acidez. En otras palabras, pH 6.0 es diez veces más ácido que el pH 7.0; pH 5 es cien veces más ácido que el pH 7.0. (PureWater, 2016)



**Ilustración 5 Valores de pH.**

Fuente: PureWater, 2016.

En general, un agua con un  $pH < 7$  se considera ácido y con un  $pH > 7$  se considera básica o alcalina. El rango normal de pH en agua superficial es de 6,5 a 8,5 y para las aguas subterráneas 6 – 8.5. La alcalinidad es una medida de la capacidad del agua para resistir un cambio de pH que tendría que hacerse más ácida. Es necesaria la medición de la alcalinidad y el pH para determinar la corrosividad del agua. (PureWater, 2016)

Para medir el pH se usa un potenciómetro o pH-metro, este es un equipo electrónico que nos da directamente el valor de pH del agua.

## 2.20 ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA GENERAL “ICA”.

El Índice de calidad de agua propuesto por Brown es una versión modificada del “WQI” que fue desarrollada por La Fundación de Sanidad Nacional de EE. UU. (NSF), que, en un esfuerzo por idear un sistema para comparar ríos en varios lugares del país, creo y diseño un índice estándar llamado WQI (Water Quality Index) que en español se conoce como: ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA). (SNET, 2022)

Para determinar el “ICA” intervienen 9 parámetros:

**Tabla 5 Índice de Calidad de Agua.**

<b>ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL</b>	
<b>Coliformes Fecales</b>	(NMP/100mL)
<b>Temperatura</b>	(°C)
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	(DBO5 en mg/L)
<b>Nitratos</b>	(mg/L)
<b>Fosfatos</b>	(mg/L)
<b>Oxígeno Disuelto</b>	(% Saturación)
<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	(mg/L)
<b>Turbidez</b>	(NTU)
<b>pH</b>	(Unidades de pH)

**Fuente:** SNET, 2022.

### 2.20.1 Estimación Del índice De Calidad De Agua General “Ica”.

En condiciones óptimas el ICA usa un valor máximo de 100 indicando un agua muy limpia, que disminuye con el aumento de contaminación en el agua hasta llegar a 0 indicando un alto grado de contaminación. Para el cálculo, el índice de calidad de agua de tipo general clasifica la calidad del agua de acuerdo con la siguiente tabla:

**Tabla 6 Grado de Calidad de Agua.**

<b>ICA - NSPT</b>	<b>Grado de Calidad de Agua</b>
<b>90 - 100</b>	<b>Excelente</b>
<b>70 - 90</b>	<b>Buena</b>
<b>50 - 70</b>	<b>Media</b>
<b>25 - 50</b>	<b>Mala</b>
<b>0 - 25</b>	<b>Muy Mala</b>

**Elaborado por:** Alex Paul Vivanco Díaz.

Las aguas con “ICA” mayor que 90 son capaces de poseer una alta diversidad de la vida acuática. Además, el agua también sería conveniente para todas las formas de contacto directo con ella. (SNET, 2022)

Las aguas con un “ICA” que caen en categoría “Pésima” pueden solamente poder apoyar un número limitado de las formas acuáticas de la vida, presentan problemas abundantes y normalmente no sería considerado aceptable para las actividades que implican el contacto directo con ella, tal como natación. (SNET, 2022)

La evaluación numérica del “ICA”, con técnicas multiplicativas y ponderadas con la asignación de pesos específicos se debe a Brown. Para calcular el Índice de Brown se puede utilizar una suma lineal ponderada de los subíndices (ICA<sub>a</sub>) o una función ponderada multiplicativa (ICA<sub>m</sub>). (SNET, 2022)

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * W_i)$$

$$ICA_m = \prod_{i=1}^9 (Sub_i^{W_i})$$

Donde:

$W_i$ : Pesos relativos asignados a cada parámetro ( $Sub_i$ ), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno.

$Sub_i$ : Subíndice del parámetro  $i$ .

Los pesos de los parámetros son:

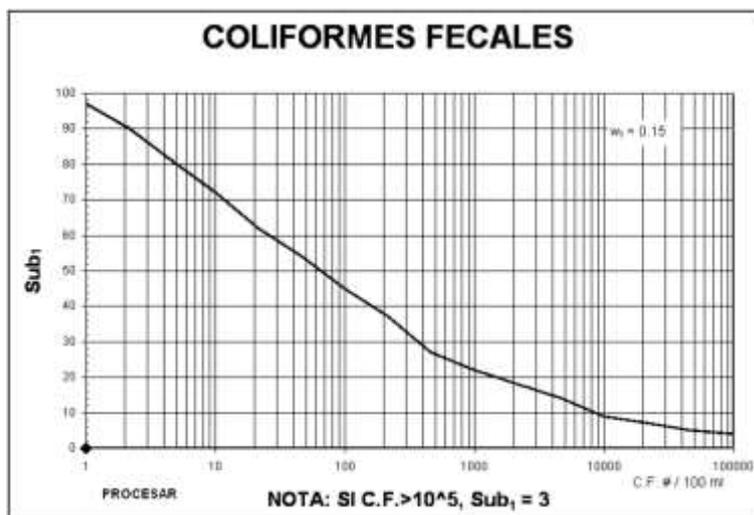
**Tabla 7 Pesos Específicos Parámetros ICA.**

<b>i</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>W<sub>i</sub></b>
<b>1</b>	Coliformes Fecales	0.15
<b>2</b>	Temperatura	0.10
<b>3</b>	Demanda Bioquímica de Oxígeno	0.10
<b>4</b>	Nitratos	0.10
<b>5</b>	Fosfatos	0.10
<b>6</b>	Oxígeno Disuelto	0.17
<b>7</b>	Sólidos Disueltos Totales	0.08
<b>8</b>	Turbidez	0.08
<b>9</b>	pH	0.12

**Fuente:** SNET, 2022.

Los pasos por seguir para calcular los ( $Sub_i$ ) del Índice de Calidad General son:

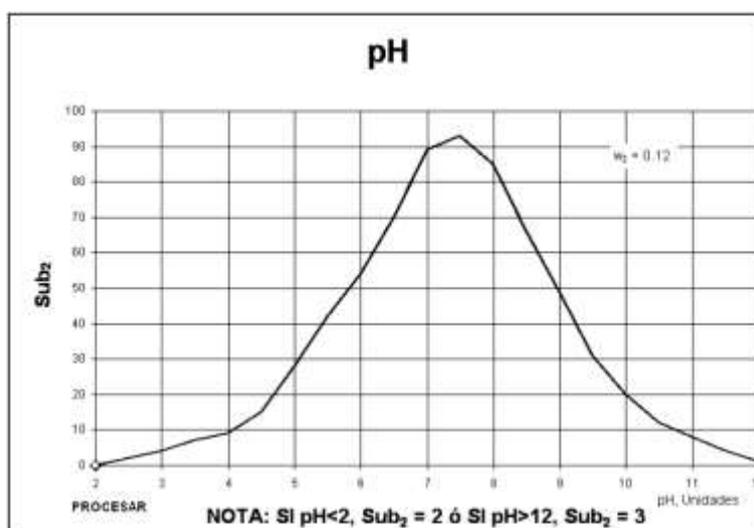
Si los Coliformes fecales son mayores de 100,000 Bact/100 mL el ( $Sub_1$ ) es igual a 3. Si el valor de Coliformes fecales es menor de 100,000 Bact/100 mL, buscar el valor en el eje de (X) en la figura se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el ( $Sub_1$ ) de Coliformes fecales, se procede a elevarlo al peso  $w_1$ . (SNET, 2022)



**Ilustración 6 Valoración de la Calidad de Agua "Coliformes Fecales".**

**Fuente:** SNET, 2022.

Si el valor de pH es menor o igual a 2 unidades el (Sub2) es igual a 2, si el valor de pH es mayor o igual a 10 unidades el (Sub2) es igual a 3. Si el valor de pH esta entre 2 y 10 buscar el valor en el eje de (X) en la figura se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub2) de pH y se procede a elevarlo al peso w2. (SNET, 2022)

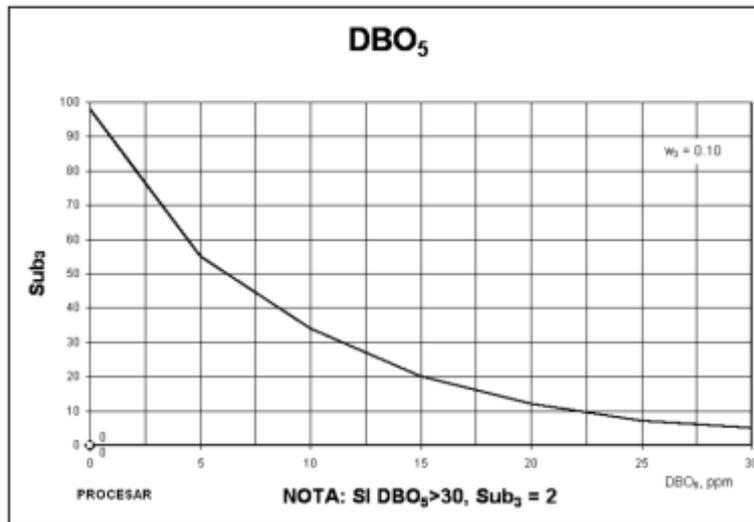


**Ilustración 7 Valoración de la Calidad de Agua "pH"**

**Fuente:** SNET, 2022.

Si la DBO5 es mayor de 30 mg/L el (Sub3) es igual a 2. Si la DBO5 es menor de 30 mg/L buscar el valor en el eje de (X) en la figura se procede a interpolar al valor en el eje de las

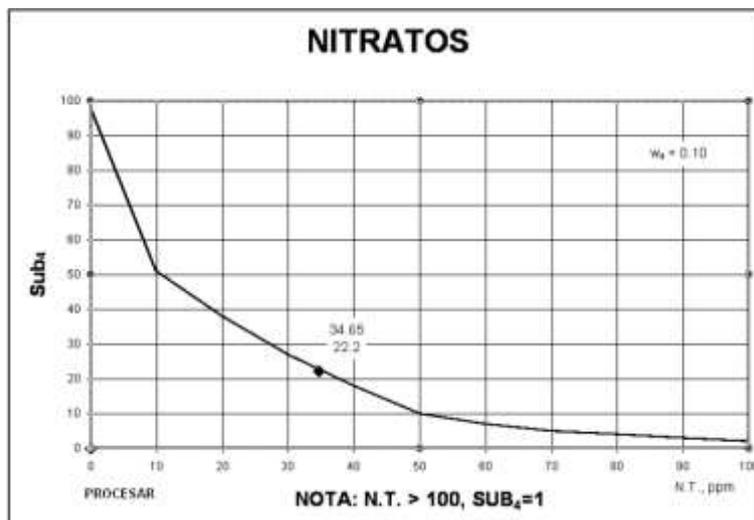
(Y). El valor encontrado es el (Sub3) de DBO5 y se procede a elevarlo al peso  $w_3$ . (SNET, 2022)



**Ilustración 8 Valoración de la Calidad de Agua "DBO5".**

**Fuente:** SNET, 2022.

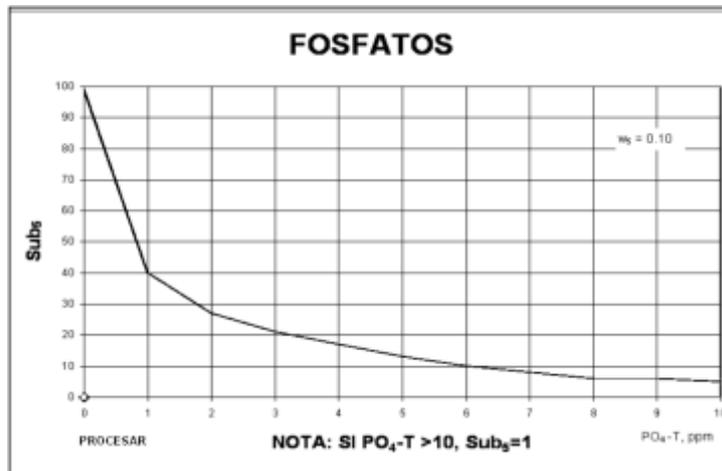
Si Nitratos es mayor de 100 mg/L el (Sub4) es igual a 2. Si Nitratos es menor de 100 mg/L buscar el valor en el eje de (X) en la figura se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub4) de Nitratos y se procede a elevarlo al peso  $w_4$ . (SNET, 2022)



**Ilustración 9 Valoración de la Calidad de Agua "Nitratos".**

**Fuente:** SNET, 2022.

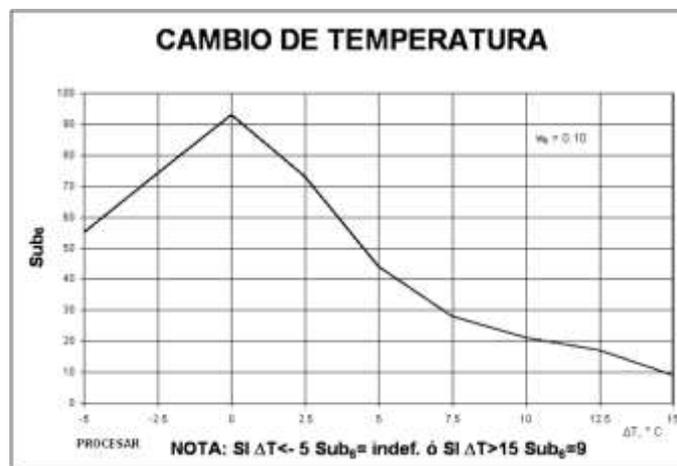
Si el Fosfatos es mayor de 10 mg/L el (Sub5) es igual a 5. Si el Fosfatos es menor de 10 mg/L buscar el valor en el eje de (X) en la figura se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub5) y se procede a elevarlo al peso w5. (SNET, 2022)



**Ilustración 10 Valoración de la Calidad de Agua "Fosfatos".**

**Fuente:** SNET, 2022.

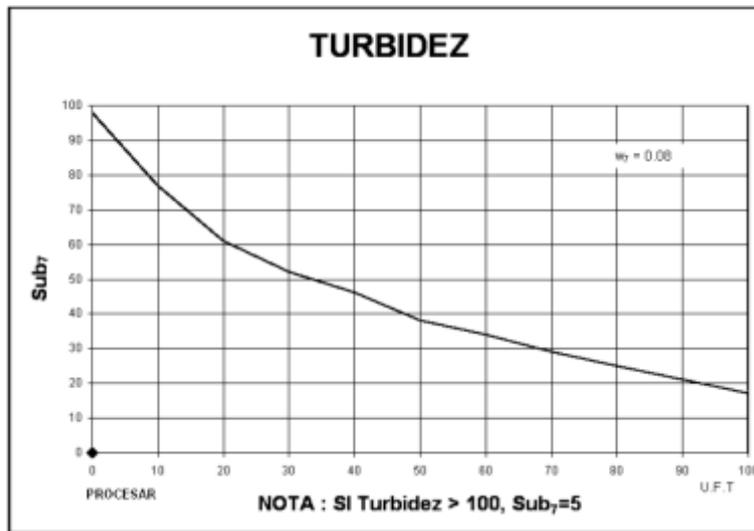
Para el parámetro de Temperatura (Sub5) primero hay que calcular la diferencia entre la T° ambiente y la T° Muestra y con el valor obtenido proceder. Si el valor de esa diferencia es mayor de 15°C el (Sub5) es igual a 9. Si el valor obtenido es menor de 15°C, buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 6 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub6) de Temperatura y se procede a elevarlo al peso w6. (SNET, 2022)



**Ilustración 11 Valoración de la Calidad de Agua "Cambio de Temperatura"**

**Fuente:** SNET, 2022.

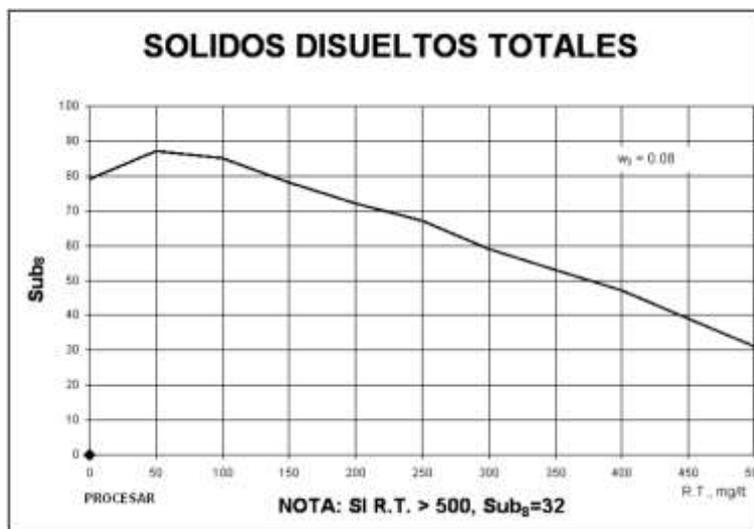
Si la Turbidez es mayor de 100 FAU el (Sub7) es igual a 5. Si la Turbidez es menor de 100 FAU, buscar el valor en el eje de (X) en la se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub7) de Turbidez y se procede a elevarlo al peso w7. (SNET, 2022)



**Ilustración 12 Valoración de la Calidad de Agua "Turbidez".**

**Fuente:** SNET, 2022.

Si los Sólidos disueltos Totales son mayores de 500 mg/L el (Sub8) es igual a 3, si es menor de 500 mg/L, buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 8 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub8) de Residuo Total y se procede a elevarlo al peso w8. (SNET, 2022)



**Ilustración 13 Valoración de la Calidad de Agua "Sólidos Disueltos Totales".**

**Fuente:** SNET, 2022.

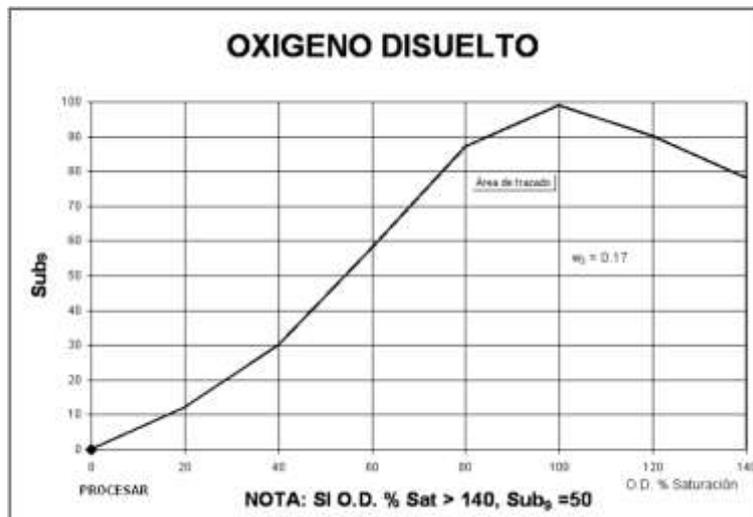
Para el parámetro de Oxígeno Disuelto (OD) primero hay que calcular el porcentaje de saturación del OD en el agua. Para esto hay que identificar el valor de saturación de OD según la temperatura del agua (Tabla 3). (SNET, 2022)

Temp. °C	OD mg/L						
1	14.19	12	10.76	23	8.56	34	7.05
2	13.81	13	10.52	24	8.4	35	6.93
3	13.44	14	10.29	25	8.24	36	6.82
4	13.09	15	10.07	26	8.09	37	6.71
5	12.75	16	9.85	27	7.95	38	6.61
6	12.43	17	9.65	28	7.81	39	6.51
7	12.12	18	9.45	29	7.67	40	6.41
8	11.83	19	9.26	30	7.54	41	6.31
9	11.55	20	9.07	31	7.41	42	6.22
10	11.27	21	8.9	32	7.28	43	6.13
11	11.01	22	8.72	33	7.16	44	6.04

**Ilustración 14 Valoración de la Calidad de Agua "Oxígeno Disuelto".**

**Fuente:** SNET, 2022.

Luego si el % de Saturación de OD es mayor de 140% el (Sub9) es igual a 47. Si el valor obtenido es menor del 140% de Saturación de OD buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 9 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub9) de Oxígeno Disuelto y se procede a elevarlo al peso  $w_9$ .



**Ilustración 15 Valoración de la Calidad de Agua "Oxígeno Disuelto".**

**Fuente:** SNET, 2022.

## CAPÍTULO III

### **3 Análisis de la Calidad del Agua del Estero Salado “Tramo C”.**

#### **3.1 Recopilación de Datos.**

El siguiente trabajo de titulación se basa en la información obtenida de campo y de la bibliografía disponible (datos de EMAPAG-EP entre 2015 a 2021) a través del análisis, comparación y modelación de la calidad de agua del Tramo C del Estero Salado utilizando el método ICA (NSF). Para determinar la mejoría o deterioro del agua se tomaron un total de 6 nuevas muestras en diferentes puntos georreferenciados en el Tramo C del Estero Salado, las cuales serán analizadas y sus resultados serán comparados con el último muestreo realizado el 27 de febrero del 2021.

El Tramo C cuenta con muy poca información histórica sobre análisis pasados, solo obtuvimos un muestreo que se realizó en el mismo punto durante varios años, el cual no garantiza la eficiencia de este. Es por esto que se llevó a cabo este trabajo de titulación donde se consideran 6 puntos nuevos los cuales nos darán con más detalle el estado de calidad del agua en el que se encuentra en la actualidad.

La muestra histórica que se tiene como base de datos no brinda detalles sobre cómo fue recogida la misma, si fue en marea alta o baja, ni tampoco los equipos que se utilizó para su análisis. Como referencia se tiene el punto donde fue recolectada en las siguientes coordenadas UTM: 622416 Este, 9758291 Sur.

Los datos obtenidos provienen de EMAPAG-EP (2015 – 2021) y del estudio de Sistematización del Estero Salado realizado por la Ing. Alexandra Camacho (2022), producto de una Asesoría con el Municipio de Guayaquil

En la siguiente imagen se marca el punto exacto donde se tomó la muestra histórica, la cual fue analizada por el Laboratorio ANAVANLAB.

### 3.2 Análisis Muestra Histórica.



**Ilustración 16 Ubicación Georreferenciada de la Muestra Histórica.**

**Fuente:** Google Earth, 2023.

Se obtuvo el Índice de Calidad del Agua en la siguiente tabla, basados en los datos históricos del último muestreo realizado al Tramo C del Estero Salado.

**Tabla 8 "ICA" Muestra Histórica.**

Parámetros de Calidad del Agua en Tramo "C"						
Muestra Año 2021						
Fecha:		27/2/2021	Latitud:	622416	Longitud:	9758291
Parámetros		Valor	Unidades	Wi	Subi	Wi*Subi
1	Coliformes Fecales	11600	(NMP/100ml)	0,160	9	1,44
2	Temperatura	29,2	(°C)	0,110	80	8,80
3	DBO5	20	(mg/L)	0,110	13	1,43
4	Nitratos	5	(mg/L)	0,110	75	8,25
5	Fosfatos	9	(mg/L)	0,110	7	0,77
6	Oxígeno Disuelto	50	(% Saturación)	0,180	45	8,10
7	Sólidos Disueltos Totales	30	(mg/L)	0,090	82	7,38
8	pH	7,4	(Unidades pH)	0,130	90	11,70
					<b>ICA:</b>	<b>47,87</b>

**Realizado por:** Alex Paul Vivanco Díaz.

**Tabla 9 Base de Datos 2015 - 2021 "Muestra Histórica".**

FECHA MUESTREO	LONGITUD	LATITUD	SITIO	TRAMO DEL ESTERO SALADO	INFORME No.	LABORATORIO	CLORUROS	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO 5	DEMANDA BIOQUIMICA DE NITROGENO	FOSFOROS TOTAL	NITROGENO TOTAL	OXIGENO DISUELTO	SOLIDOS SUSPENDIDOS	SULFATOS	pH IN SITU	TEMPERATURA	COLIFORMES FECALES
13/7/2015	622468	9758297	Pte. 5 de junio	ZONA I - C	2452-8	ANAVANLAB	4177,9	88	148	3,8	9	5,5	50	510	7,5	28,4	5400
24/9/2015	622468	9758297	Pte. 5 de junio	ZONA I - C	2657-7	ANAVANLAB	2837,4	123	196	2	5	5,6	50	1000	7,3	27,4	920
23/4/2016	622468	9758297	Pte. 5 de junio	ZONA I - C	3446-7	ANAVANLAB	4848,9	118	176	1,3	6	7,8	50	440	6,5	27,1	1,1
12/9/2016	622468	9758297	Pte. 5 de junio	ZONA I - C	61246	GRUPO QUIMICO MARCOS	8950,88	4,2	8	2,556	1,22	2,5	10	1140	7,23	27,3	438
24/1/2017	622468	9758297	Pte. 5 de junio	ZONA I - C	64482	GRUPO QUIMICO MARCOS	11127,69	8,1	16	0,1	22	2,46	77	1300	7,5	30,3	900
16/5/2017	622468	9758297	Pte. 5 de junio	ZONA I - C	66341-3	GRUPO QUIMICO MARCOS	2635,1	5,64	33,6	0,5	1,22	2,79	11	470	7,34	29,5	320
16/3/2017	622468	9758297	Pte. 5 de junio	ZONA I - C	65584-3	GRUPO QUIMICO MARCOS	4173,18	30	58	0,52	1,22	2,94	600	600	7,64	29,7	1198
27/11/2017	622468	9758297	Pte. 5 de junio	ZONA I - C	0440-17	INGEESTUDIOS	8045,48	5,3	8,6	2,77	1,17	2,63	21	1135	7,3	27,1	310
19/7/2018	622468	9758297	Pte. 5 de junio	ZONA I - C	0463-18	INGEESTUDIOS	6800,87	17,2	50	2,78	1,21	0,73	18,67	1260	7,8	26,5	286
17/3/2018	622468	9758297	Pte. 5 de junio	ZONA I - C	0165-18	INGEESTUDIOS	6650,28	8,6	15	2,51	1,46	4,44	23,3	1190	7,6	28,7	285
14/8/2019	622468	9758297	Pte. 5 de junio	ZONA I - C	0722-19	INGEESTUDIOS	3700,6	5,4	52	2,35	14,8	5,05	25	635	7,4	24,1	310
27/6/2019	622468	9758297	Pte. 5 de junio	ZONA I - C	0602-19	INGEESTUDIOS	6700,7	3	27	2,56	4	5,56	21	1260	7,55	22	69
17/10/2019	622468	9758297	Pte. 5 de junio	ZONA I - C	0917-19	INGEESTUDIOS	4900,45	5,5	44	2,35	12,6	5,76	30	889	7,7	27,2	305
19/12/2020	622416	9758291	Pte. 5 de junio	ZONA I - C	22028	ANAVANLAB	12584,8	278	471	1,2	5	8,1	30	1600	7,8	29,5	2420
31/10/2020	622174	9758080	Pte. 5 de junio	ZONA I - C	21196	ANAVANLAB	15403,7	398	668	1	5	4,8	30	1300	7,1	26,2	2420
27/2/2021	622423	9755291	Pte. 5 de junio	ZONA I - C	22854	ANAVANLAB	11517,6	168	285	9	5	3,8	30	66	7,4	29,2	11600

**Fuente:** Datos obtenidos de EMAPAG-EP, 2021.

### **3.2.1 Resultados de Análisis y Normativa Ambiental Aplicable.**

El monitoreo dio una variedad de resultados debido a los análisis en el periodo 2015 – 2021, los cuales serán descritos de manera general en los próximos gráficos. Estos nos indican la relación entre el límite permitido por la norma ambiental y el valor del parámetro encontrado en el transcurso del tiempo.

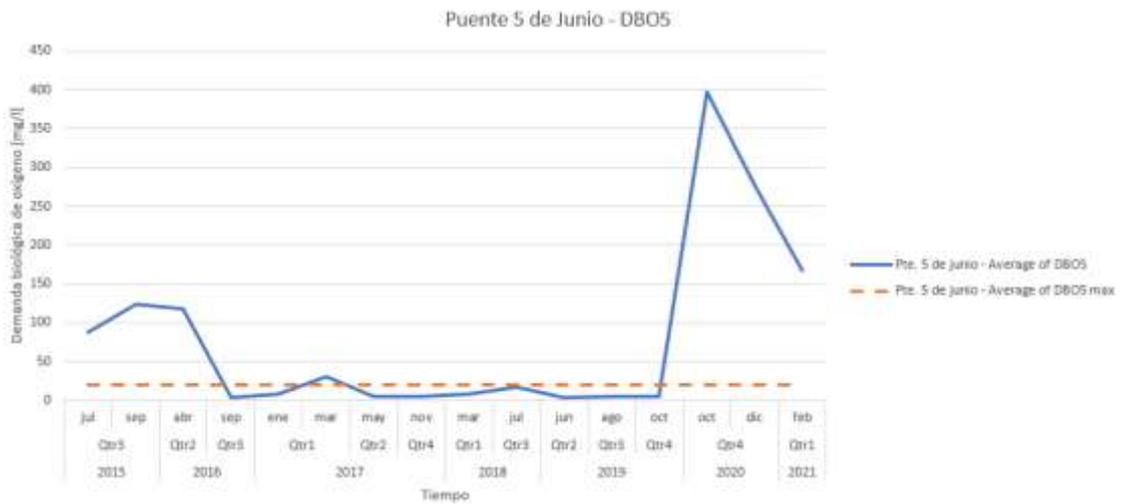
Tomando en cuenta el último muestreo, con los datos obtenidos se realizó el análisis de calidad del agua “ICA” dando como resultado el valor de 47,87 proceso reflejado en la Tabla 8. En la Tabla 11 se encuentra el criterio de calidad del agua, donde los valores que están en el rango de 25 – 50 es de un grado de calidad “MALO”. Cabe destacar que un solo punto de muestreo no es suficiente para declarar a todo el Tramo C del Estero Salado como “MALO”.

Posteriormente, se detalló en gráficos los valores obtenidos durante el periodo de muestreo con los cuales se determinó que los parámetros están fuera del rango de la normativa aplicable TULSMA.

El valor ideal establecido para DBO5 por la norma es de 2 mg/L el cual está referenciado en línea discontinua, en comparación a los valores obtenidos por el muestreo encontramos que están elevados, ver Ilustración 16. Es un indicador de falta de oxígeno, que debe tener el agua de mar para tener un buen proceso de vida acuática. La relación DBO y DQO en la Ilustración 17 se evidencia los valores bajos de DQO por lo que esto influye en los valores elevados de DBO5.

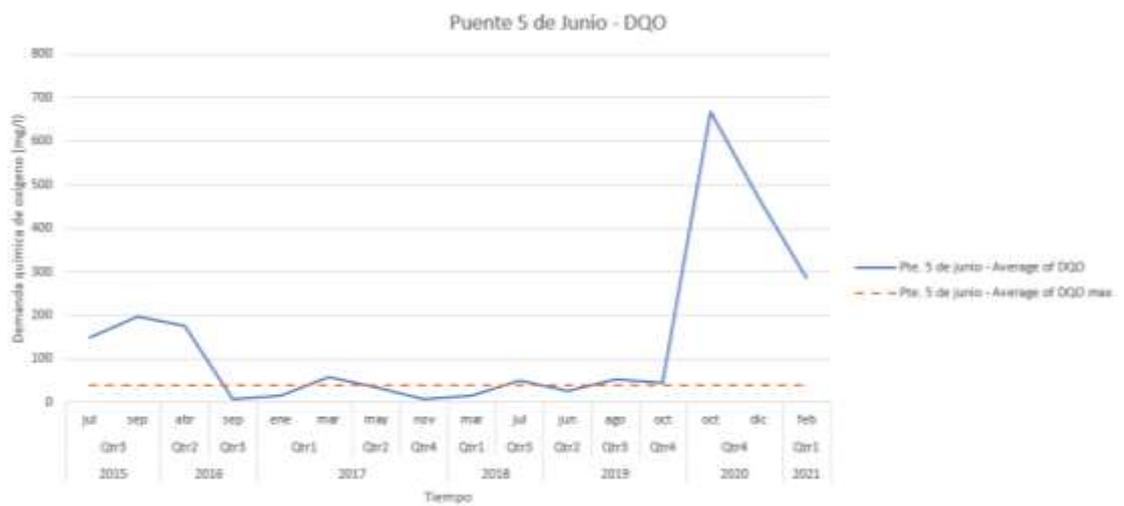
En la Ilustración 18 hay una relación Nitrógeno / Fosforo, la cual entre el año 2016 – 2017 se evidencia el pico más elevado. Se destaca la estabilidad existente al mantenerse por debajo del límite establecido. Los Sólidos Disueltos Totales según la Ilustración 19 se encuentra en la actualidad bajo el indicador de la norma, asegurando así una limpieza superficial del Estero Salado.

El Oxígeno Disuelto graficado en la Ilustración 20 ha sido un parámetro bastante inestable, en el último muestreo el parámetro se encuentra por debajo del límite, pero en Coliformes Fecales se tiene un alto índice como se muestra en la Ilustración 21, lo cual demuestra el alto grado de contaminación en el Tramo C del Estero Salado.



**Ilustración 17 Base de Datos 2015 - 2021 "DBO".**

**Autor:** Camacho, 2022.



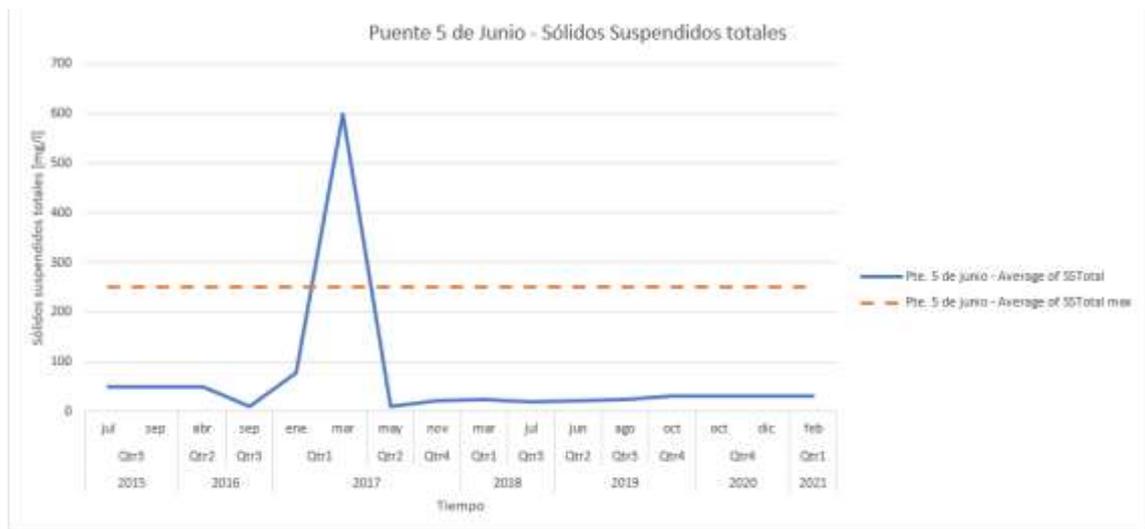
**Ilustración 18 Base de Datos 2015 - 2021 "DQO".**

**Autor:** Camacho, 2022.



**Ilustración 19 Base de Datos 2015 - 2021 "Nitrógeno/Fósforo".**

**Autor:** Camacho, 2022.



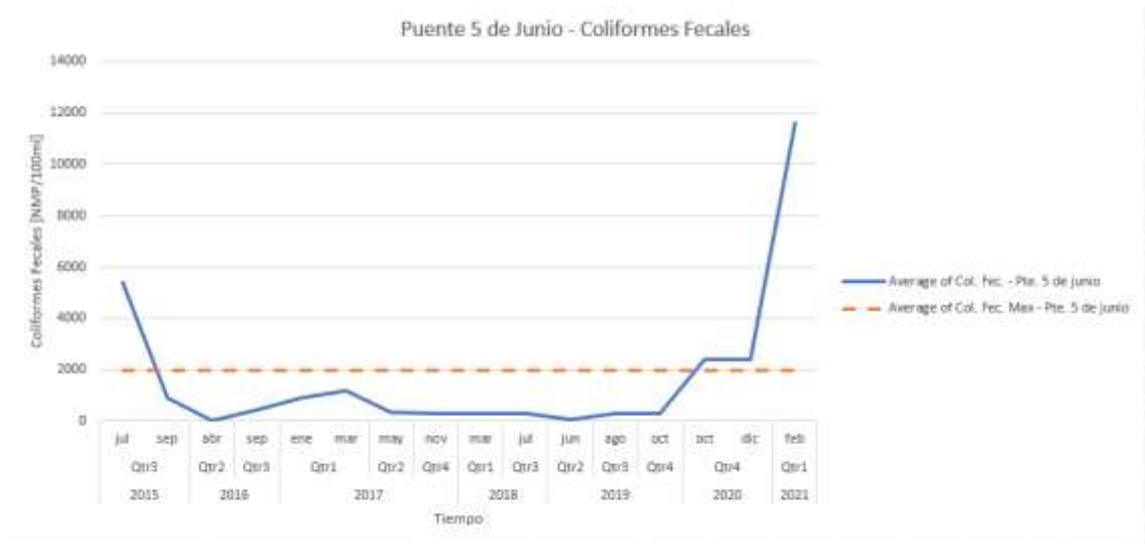
**Ilustración 20 Base de Datos 2015 - 2021 "Sólidos Suspendidos Totales".**

**Autor:** Camacho, 2022.



**Ilustración 21 Base de Datos 2015 - 2021 "Oxígeno Disuelto".**

**Autor:** Camacho, 2022.



**Ilustración 22 Base de Datos 2015 - 2021 "Coliformes Fecales".**

**Autor:** Camacho, 2022.

### 3.3 Análisis de Muestreos.

#### 3.3.1 Estaciones de Muestreo.

Se determino puntos referenciales para la obtención de muestras, referente al propósito de la investigación sobre la evaluación de calidad de agua superficial conforme al Índice de Calidad Ambiental ICA en el Tramo C del Estero Salado, comprendido entre el Puente Zigzag y 5 de junio.

**Ilustración 23 Estaciones de Muestreo del “Tramo C”.**



**Fuente:** Google Earth.

Como se especifica en la Ilustración 21, se tienen 6 puntos de muestreos georreferenciados de los cuales se obtuvieron muestras el día 23 de enero del 2023 a las 2:00 pm, horario en el que la marea del Estero se encontraba baja. La importancia de coger las muestras con marea baja es que se tiene un mayor nivel de contacto entre agua y lodos, así los resultados serían los más acertados al momento de analizar las muestras en el laboratorio. El mayor problema que se tiene en referencia a la contaminación del Estero Salado se encuentra en su profundidad, estos son los lodos asentados que tienen años de acumulación de contaminantes.

Para realizar los análisis “ICA” se utilizó el Laboratorio de Calidad de Aguas, facilitado por la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil en la Facultad de Ingeniería. Este proceso duró un total de 10 días, se usaron equipos de multiparámetros y ensayos por filtros e incubación de muestras.

Para obtener los valores de Coliformes fecales se utilizó el método de Filtración por Membrana con el cual se obtienen colonias de coliformes en un cultivo las cuales fueron contadas para determinar el número de unidades formadoras de colonias; en el caso del DBO5 se utilizaron diluciones de nutrientes para después incubarlos durante 5 días a 20 °C de ahí su nombre DBO5 y así obtener el oxígeno consumido por bacterias en la regeneración del agua.

Para los demás parámetros se usó un aparato de lectura llamado multiparámetros el cual nos dio todos los resultados.

Cabe resaltar que los parámetros Nitratos y Fosfatos en este análisis no pudieron ser incluidos debido a la falta de reactivos necesarios para llevar a cabo su análisis. Para no dejar de lado estos dos parámetros se usó el artificio de sumar sus pesos específicos y dividirlos para el número de parámetros realizados y así compensar su ausencia.

En la Tabla 10 se encuentran los 9 parámetros que se deben obtener para determinar el valor ICA, con el cual se puede saber en qué condiciones se encuentra el agua. El grado de calidad de agua se detalla según su valor en la Tabla 11.

**Tabla 10 “ICA”.**

<b>ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL</b>	
<b>Coliformes Fecales</b>	(NMP/100mL)
<b>Temperatura</b>	(°C)
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	(DBO5 en mg/L)
<b>Nitratos</b>	(mg/L)
<b>Fosfatos</b>	(mg/L)
<b>Oxígeno Disuelto</b>	(% Saturación)
<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	(mg/L)
<b>Turbidez</b>	(NTU)
<b>pH</b>	(Unidades de pH)

**Fuente:** Lahmeyer Cimentaciones, 2000.

**Tabla 11 Criterio de Calidad de Agua según ICA.**

<b>ICA - NSPT</b>	<b>Grado de Calidad de Agua</b>
<b>90 - 100</b>	<b>Excelente</b>
<b>70 - 90</b>	<b>Buena</b>
<b>50 - 70</b>	<b>Media</b>
<b>25 - 50</b>	<b>Mala</b>
<b>0 - 25</b>	<b>Muy Mala</b>

**Elaborado por:** Alex Paul Vivanco Díaz.

Para una mejor modelación del valor “ICA” se procedió a cambiar los colores del grado de calidad como se muestra en la Tabla 11.

### 3.4 Muestreo del Tramo C del Estero Salado.

Se procedió a realizar el muestreo en campo el lunes 23 de enero del 2023 cuando el Estero Salado se encontraba en marea baja. Se tomó 6 muestras georreferencias, las cuales fueron analizadas en el laboratorio el mismo día.

Para determinar el grado de calidad de agua es necesario saber el peso específico de cada parámetro a analizar, la sumatoria de los mismos tiene que ser igual a la unidad. Ver Tabla 12.

**Tabla 12 Peso de Parámetros.**

<b>Parámetros</b>	<b>Peso Específico Wi</b>
<b>Coliformes Fecales</b>	0,15
<b>Temperatura</b>	0,1
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	0,1
<b>Nitratos</b>	0,1
<b>Fosfatos</b>	0,1
<b>Oxígeno Disuelto</b>	0,17
<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	0,08
<b>Turbidez</b>	0,08
<b>pH</b>	0,12
<b>Total:</b>	<b>1</b>

**Fuente:** SNET, 2022.

Para el análisis de las 6 muestras no se logró ensayar los parámetros Nitratos y Fosfatos por falta de reactivos, en casos similares el manual nos da como alternativa usar un artificio donde se suma el peso específico de los parámetros faltantes y ese valor se divide para el número de parámetros ensayados, el resultado será sumado a cada peso específico de los parámetros ensayados como se especifica en la Tabla 13.

**Tabla 13 Peso de Parámetros con artificio.**

	<b>Parámetros</b>	<b>Peso Específico Wi</b>	<b>Factor: (0,20/7)</b>	<b>0,029</b>
1	<b>Coliformes Fecales</b>	0,15	<b>0,179</b>	
2	<b>Temperatura</b>	0,1	<b>0,129</b>	
3	<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	0,1	<b>0,129</b>	
4	<b>Oxígeno Disuelto</b>	0,17	<b>0,199</b>	
5	<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	0,08	<b>0,109</b>	
6	<b>Turbidez</b>	0,08	<b>0,109</b>	
7	<b>pH</b>	0,12	<b>0,149</b>	
	<b>Total:</b>	<b>0,8</b>	<b>1,000</b>	

**Realizado por:** Alex Paul Vivanco Díaz.

### 3.4.1 Estación de Muestreo P1.

Ilustración 24 Estación de Muestreo P1.



Fuente: Google Earth, 2023.

**Tabla 14 Resultados Muestreo P1.**

<b>MUESTRA #1</b>		
<b>Longitud:</b>	622564.00	<b>Latitud:</b> 9758388.00
<b>Coliformes Fecales</b>	0x10 <sup>5</sup>	(NMP/100mL)
<b>Temperatura</b>	27	(°C)
<b>DBO5</b>	4.90	(DBO5 en mg/L)
<b>Oxígeno Disuelto</b>	69,70	(% Saturación)
<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	7,79	(mg/L)
<b>Turbidez</b>	31,6	(NTU)
<b>pH</b>	7,10	(Unidades de pH)

**Realizado por:** Alex Paul Vivanco Díaz.

**Tabla 15 Resultados "ICA" P1.**

<b>Parámetros de Calidad del Agua en Tramo "C"</b>					
<b>Muestra N° 1</b>					
<b>Fecha:</b>	23/1/2023	<b>Latitud:</b>	622564	<b>Longitud:</b>	9758388
<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>	<b>Wi</b>	<b>Subi</b>	<b>Wi*Subi</b>
1 <b>Coliformes Fecales</b>	0x10 <sup>5</sup>	NMP/100ml	0,179	95	16,96
2 <b>Temperatura</b>	27	(°C)	0,129	73	9,39
3 <b>DBO5</b>	4,9	(mg/L)	0,129	56	7,20
4 <b>Oxígeno Disuelto</b>	69,7	(% Saturación)	0,199	73	14,50
5 <b>Sólidos Disueltos Totales</b>	7,79	(mg/L)	0,109	80	8,69
6 <b>Turbidez</b>	31,6	(NTU)	0,109	52	5,65
7 <b>pH</b>	7,1	(Unidades pH)	0,149	92	13,67
<b>ICA:</b>					<b>76,05</b>

**Realizado por:** Alex Paul Vivanco Díaz.

Es necesario mencionar que para la recolección de la muestra 1 localizada en las coordenadas 622564 E y 9758388 S, se observó que el agua del ramal provenía de una descarga de aguas lluvias salientes de la Universidad Estatal de Guayaquil, por lo que su valor "ICA" es de 76,05 que representa agua "Buena" en comparación a las demás muestras, tampoco se encontró coliformes fecales en relación con sus similares. Esta muestra sería el único punto con gran diferencial en su valor ICA a lo largo del análisis.

### 3.4.2 Estación de Muestreo P2.

Ilustración 25 Estación de Muestreo P2.



Fuente: Google Earth, 2023.

**Tabla 16 Resultados Muestreo P2.**

<b>MUESTRA #2</b>		
<b>Longitud:</b>	622491.00	<b>Latitud:</b> 9758321.00
<b>Coliformes Fecales</b>	4x10 <sup>5</sup>	(NMP/100mL)
<b>Temperatura</b>	26,7	(°C)
<b>DBO5</b>	6.1	(DBO5 en mg/L)
<b>Oxígeno Disuelto</b>	61,80	(% Saturación)
<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	15,67	(mg/L)
<b>Turbidez</b>	13,7	(NTU)
<b>pH</b>	7,18	(Unidades de pH)

**Realizado por:** Alex Paul Vivanco Díaz.

**Tabla 17 Resultados "ICA" P2.**

<b>Parámetros de Calidad del Agua en Tramo "C"</b>					
<b>Muestra N° 2</b>					
<b>Fecha:</b>	23/1/2023	<b>Latitud:</b>	622491	<b>Longitud:</b>	9758321
	<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>	<b>Wi</b>	<b>Subi</b>
1	<b>Coliformes Fecales</b>	4x10 <sup>5</sup>	(NMP/100ml)	0,179	3
2	<b>Temperatura</b>	26,7	(°C)	0,129	73
3	<b>DBO5</b>	6,1	(mg/L)	0,129	52
4	<b>Oxígeno Disuelto</b>	61,8	(% Saturación)	0,199	60
5	<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	15,67	(mg/L)	0,109	80
6	<b>Turbidez</b>	13,7	(NTU)	0,109	71
7	<b>pH</b>	7,18	(Unidades pH)	0,149	92
				<b>ICA:</b>	<b>58,58</b>

**Realizado por:** Alex Paul Vivanco Díaz.

La muestra 2 localizada en las coordenadas 622491 E y 9758321 S como se muestra en la Ilustración 25, dio como resultado un valor "ICA" de 58,58 detallado en la Tabla 17; categorizado como grado de calidad de agua "Media". Los parámetros que resultaron más bajos en esta muestra son Coliformes Fecales, DBO5 y Oxígeno Disuelto.

### 3.4.3 Estación de Muestreo P3.



**Ilustración 26 Estación de Muestreo P3.**

**Fuente:** Google Earth.

**Tabla 18 Resultados Muestreo P3.**

<b>MUESTRA #3</b>		
<b>Longitud:</b>	622491.00	<b>Latitud:</b> 9758321.00
<b>Coliformes Fecales</b>	5x10 <sup>5</sup>	(NMP/100mL)
<b>Temperatura</b>	26,8	(°C)
<b>DBO5</b>	11.40	(DBO5 en mg/L)
<b>Oxígeno Disuelto</b>	41	(% Saturación)
<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	15,35	(mg/L)
<b>Turbidez</b>	20,90	(NTU)
<b>pH</b>	7,24	(Unidades de pH)

**Realizado por:** Alex Paul Vivanco Díaz.

**Tabla 19 Resultados "ICA" P3.**

<b>Parámetros de Calidad del Agua en Tramo "C"</b>					
<b>Muestra N° 3</b>					
<b>Fecha:</b>	23/1/2023	<b>Latitud:</b>	622491	<b>Longitud:</b>	9758321
<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>	<b>Wi</b>	<b>Subi</b>	<b>Wi*Subi</b>
1 <b>Coliformes Fecales</b>	5x10 <sup>5</sup>	(NMP/100ml)	0,179	3	0,54
2 <b>Temperatura</b>	26,8	(°C)	0,129	75	9,64
3 <b>DBO5</b>	11,4	(mg/L)	0,129	29	3,73
4 <b>Oxígeno Disuelto</b>	41	(% Saturación)	0,199	31	6,16
5 <b>Sólidos Disueltos Totales</b>	15,35	(mg/L)	0,109	80	8,69
6 <b>Turbidez</b>	20,9	(NTU)	0,109	60	6,51
7 <b>pH</b>	7,24	(Unidades pH)	0,149	92	13,67
				<b>ICA:</b>	<b>48,93</b>

**Realizado por:** Alex Paul Vivanco Díaz.

La muestra 3 se localiza en las coordenadas 622491 E y 9758321 S como se muestra en la Ilustración 26, junto al muelle deportivo de la Federación Ecuatoriana de Canotaje. El análisis dio como resultado de valor "ICA" 48,93 detallado en la Tabla 19 dando como grado de calidad de agua "Mala". Los parámetros con valores más bajos en esta muestra son los Coliformes Fecales, DBO5 y el Oxígeno Disuelto.

### 3.4.4 Estación de Muestreo P4.



**Ilustración 27 Estación de Muestreo P4.**

**Fuente:** Google Earth, 2023.

**Tabla 20 Resultados Muestreo P4.**

<b>MUESTRA #4</b>		
<b>Longitud:</b>	622228.00	<b>Latitud:</b> 9758738.00
<b>Coliformes Fecales</b>	6x10 <sup>5</sup>	(NMP/100mL)
<b>Temperatura</b>	27,5	(°C)
<b>DBO5</b>	11.40	(DBO5 en mg/L)
<b>Oxígeno Disuelto</b>	55	(% Saturación)
<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	15,48	(mg/L)
<b>Turbidez</b>	21,7	(NTU)
<b>pH</b>	7,22	(Unidades de pH)

**Realizado por:** Alex Paul Vivanco Díaz.

**Tabla 21 Resultados "ICA" P4.**

<b>Parámetros de Calidad del Agua en Tramo "C"</b>					
<b>Muestra N° 4</b>					
<b>Fecha:</b>	23/1/2023	<b>Latitud:</b>	622228	<b>Longitud:</b>	9758738
	<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>	<b>Wi</b>	<b>Subi</b>
1	<b>Coliformes Fecales</b>	6x10 <sup>5</sup>	(NMP/100ml)	0,179	3
2	<b>Temperatura</b>	27,5	(°C)	0,129	83
3	<b>DBO5</b>	10,9	(mg/L)	0,129	32
4	<b>Oxígeno Disuelto</b>	55	(% Saturación)	0,199	50
5	<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	15,48	(mg/L)	0,109	80
6	<b>Turbidez</b>	21,7	(NTU)	0,109	60
7	<b>pH</b>	7,22	(Unidades pH)	0,149	92
<b>ICA:</b>					<b>54,12</b>

**Realizado por:** Alex Paul Vivanco Díaz.

La muestra 4 localizada en las coordenadas 622228 E y 9758738 S como se muestra en la Ilustración 27, se encuentra en la mitad del Tramo C del Estero Salado. El valor "ICA" obtenido tras analizar la muestra fue de 54,12 detallado en la Tabla 21 dando como grado de calidad de agua "Media". Los parámetros con valores más bajos en esta muestra son los Coliformes Fecales, DBO5, Oxígeno Disuelto y la Turbidez.

### 3.4.5 Estación de Muestreo P5.



**Ilustración 28 Estación de Muestreo P5.**

**Fuente:** Google Earth, 2023.

**Tabla 22 Resultados Muestreo P5.**

<b>MUESTRA #5</b>		
<b>Longitud:</b>	621964.00	<b>Latitud:</b> 9759111.00
<b>Coliformes Fecales</b>	7x10 <sup>5</sup>	(NMP/100mL)
<b>Temperatura</b>	26,8	(°C)
<b>DBO5</b>	17.6	(DBO5 en mg/L)
<b>Oxígeno Disuelto</b>	13	(% Saturación)
<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	11,98	(mg/L)
<b>Turbidez</b>	41,2	(NTU)
<b>pH</b>	7,27	(Unidades de pH)

**Realizado por:** Alex Paul Vivanco Díaz.

**Tabla 23 Resultados "ICA" P5.**

<b>Parámetros de Calidad del Agua en Tramo "C"</b>						
<b>Muestra N° 5</b>						
<b>Fecha:</b>	23/1/2023	<b>Latitud:</b>	621964	<b>Longitud:</b>	9759111	
	<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>	<b>Wi</b>	<b>Subi</b>	
		<b>Wi*Subi</b>				
1	<b>Coliformes Fecales</b>	7x10 <sup>5</sup>	(NMP/100ml)	0,179	3	0,54
2	<b>Temperatura</b>	26,8	(°C)	0,129	75	9,64
3	<b>DBO5</b>	17,6	(mg/L)	0,129	17	2,19
4	<b>Oxígeno Disuelto</b>	13	(% Saturación)	0,199	8	1,59
5	<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	11,98	(mg/L)	0,109	82	8,90
6	<b>Turbidez</b>	41,2	(NTU)	0,109	45	4,89
7	<b>pH</b>	7,27	(Unidades pH)	0,149	92	13,67
					<b>ICA:</b>	<b>41,41</b>

**Realizado por:** Alex Paul Vivanco Díaz.

La muestra 5 localizada en las coordenadas 621964 E y 9759111 S como se muestra en la Ilustración 28, dio como resultado un valor "ICA" de 41,41 detallado en la Tabla 23; categorizado como grado de calidad de agua "Mala". Los parámetros que resultaron más bajos en esta muestra son Coliformes Fecales, DBO5, Oxígeno Disuelto y la Turbidez.

### 3.4.6 Estación de Muestreo P6.



**Ilustración 29 Estación de Muestreo P6.**

**Fuente:** Google Earth, 2023.

**Tabla 24 Resultados Muestreo P6.**

<b>MUESTRA #6</b>		
<b>Longitud:</b>	621964.00	<b>Latitud:</b> 9759111.00
<b>Coliformes Fecales</b>	4x10 <sup>5</sup>	(NMP/100mL)
<b>Temperatura</b>	26,9	(°C)
<b>DBO5</b>	19.40	(DBO5 en mg/L)
<b>Oxígeno Disuelto</b>	8	(% Saturación)
<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	8,78	(mg/L)
<b>Turbidez</b>	32,40	(NTU)
<b>pH</b>	7,21	(Unidades de pH)

**Realizado por:** Alex Paul Vivanco Díaz.

**Tabla 25 Resultados "ICA" P6.**

<b>Parámetros de Calidad del Agua en Tramo "C"</b>					
<b>Muestra N° 6</b>					
<b>Fecha:</b>	23/1/2023	<b>Latitud:</b>	621964	<b>Longitud:</b>	9759111
	<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>	<b>Wi</b>	<b>Subi</b>
1	<b>Coliformes Fecales</b>	4x10 <sup>5</sup>	(NMP/100ml)	0,179	3
2	<b>Temperatura</b>	26,9	(°C)	0,129	75
3	<b>DBO5</b>	19,4	(mg/L)	0,129	13
4	<b>Oxígeno Disuelto</b>	8	(% Saturación)	0,199	5
5	<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	8,78	(mg/L)	0,109	81
6	<b>Turbidez</b>	32,4	(NTU)	0,109	52
7	<b>pH</b>	7,21	(Unidades pH)	0,149	92
<b>ICA:</b>					<b>40,95</b>

**Realizado por:** Alex Paul Vivanco Díaz.

La muestra 6 localizada en las coordenadas 621964 E y 9759111 S como se muestra en la Ilustración 29, se encuentra al inicio del Tramo C del Estero Salado. El valor "ICA" obtenido tras analizar la muestra fue de 40,95 detallado en la Tabla 25 dando como grado de calidad de agua "Mala". Los parámetros con valores más bajos en esta muestra son los Coliformes Fecales, DBO5, Oxígeno Disuelto y la Turbidez. Cabe destacar que esta fue la muestra con grado de calidad ICA con la puntuación más baja.

### 3.4.7 Promedio de Valores "ICA".

Los resultados obtenidos de los monitoreos realizados en los seis puntos de muestreo se presentan a continuación:

**Tabla 26 Resultados "ICA".**

<b>PROMEDIO VALOR "ICA"</b>	
<b>N° MUESTRA</b>	<b>VALOR</b>
MUESTRA 1	76,05
MUESTRA 2	58,58
MUESTRA 3	48,93
MUESTRA 4	54,12
MUESTRA 5	41,41
MUESTRA 6	40,95

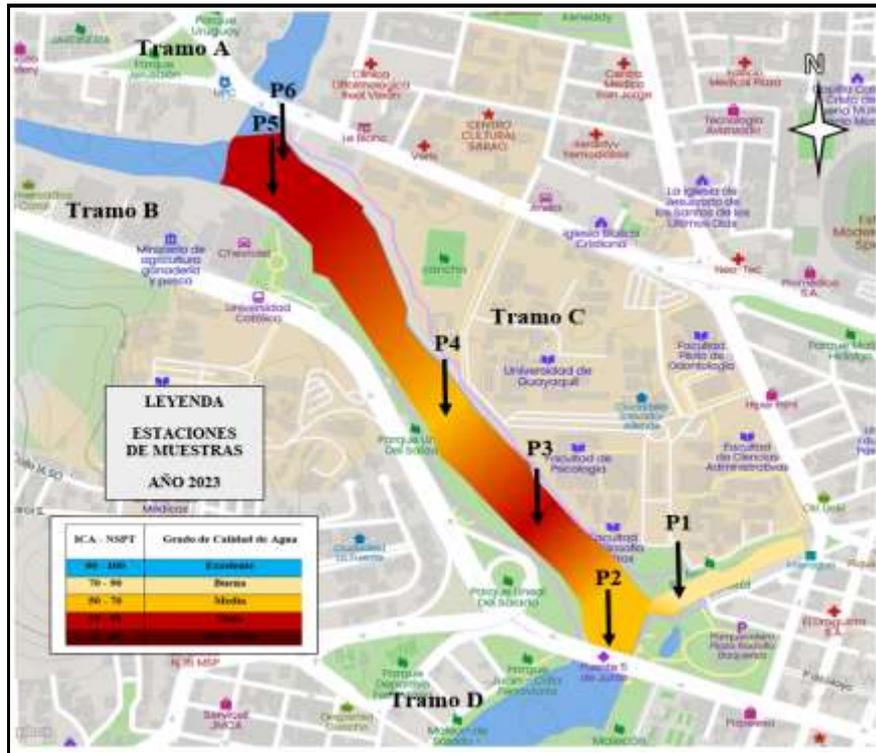
**Realizado por:** Alex Paul Vivanco Díaz.

Como se muestra en la Tabla 26 los valores obtenidos demuestran un grado de calidad del agua "mala y media", con excepción de la Muestra 1 ya que su valor es 76,05 dando como grado de calidad del agua "Buena". Este valor se justifica ya que, por efectos del invierno y las recurrentes lluvias el efluente se encontraba cristalino. La descarga de aguas lluvias de la Universidad de Guayaquil se conecta de manera directa al brazo del Estero Salado de donde se cogió la Muestra 1.

Para referirse al grado de contaminación del Tramo C del Estero Salado tomamos como referencia las muestras 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6, las cuales nos dan como valor "ICA": 76,05 – 58,58 – 48,93 – 54,12 – 41,41 – 40,95 respectivamente como se muestra en la Tabla 26, donde notamos 3 muestras por encima de 50 y 3 muestras por debajo de 50. Ante este dato curioso se destaca que las muestras que se encuentran por encima de 50 son aquellas que fueron recolectadas en el centro del Tramo C y las muestras que dieron menor a 50 son las que se recolectaron cerca de la orilla del Estero.

### 3.4.8 Modelación "Grado de Calidad de Agua del Tramo C del Estero Salado".

Se procedió a la modelación del grado de contaminación del Tramo C del Estero Salado con los resultados obtenidos y aplicando la metodología NSF del Índice de Calidad Ambiental, por lo que se obtiene en la mayor parte del tramo C un grado de contaminación de tipo "Mala", como se observa en la Ilustración 30 del presente documento.



**Ilustración 30 Modelación de Valores “ICA” Promedio del Tramo C.**

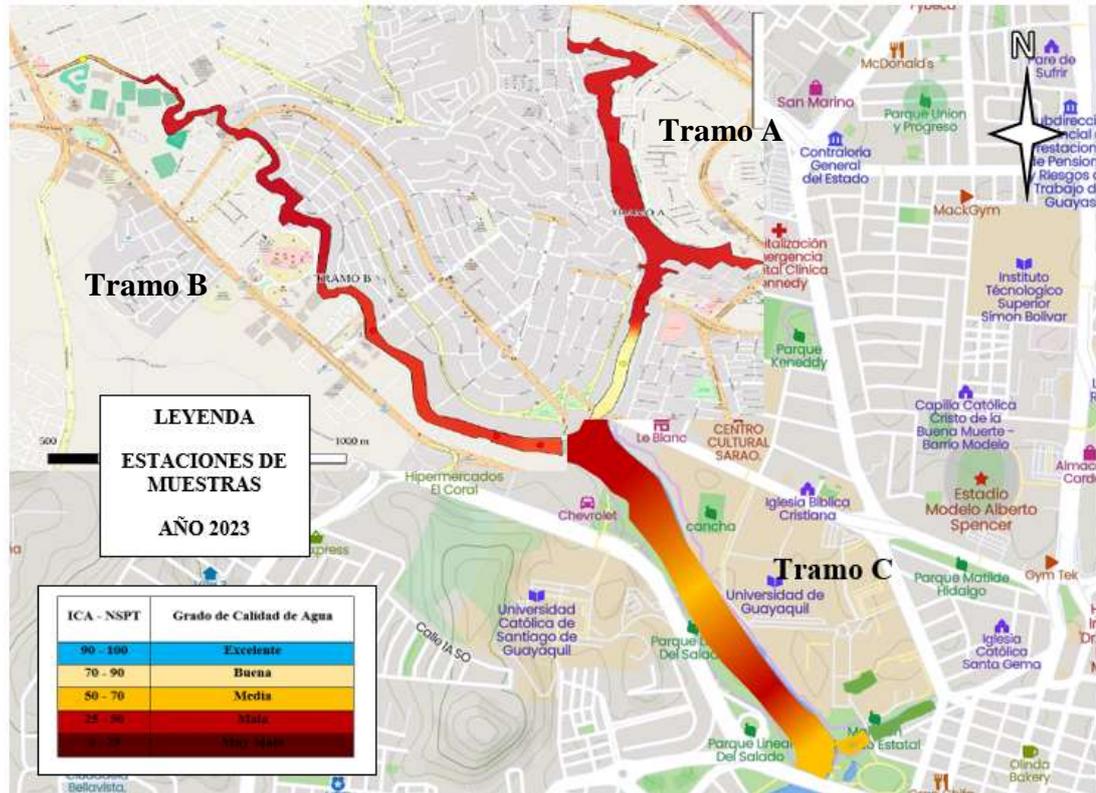
**Realizado por:** Alex Paul Vivanco Díaz.

### 3.4.9 Modelación “Grado de Calidad de Agua de los Tramos A – B y C”

Si se traslapa la información obtenida del trabajo de titulación de la Ingeniera Katty Díaz (2016), donde presenta los resultados del índice de calidad ambiental del tramo A y B realizado en 2016; con la información del Tramo C, se obtiene la modelación de los Tramos A, B y C identificándose así que estos tramos se encuentran en grado de contaminación “Mala”. Estos tramos abarcan los barrios de Mapasingue este, Urdesa, Miraflores, Kennedy, Urdenor, Universidad Estatal, centro de la ciudad y por lo que se observa no ha tenido ninguna mejoría en calidad.

Como se mencionó anteriormente, los parámetros de DBO y Coliformes Fecales siguen siendo altos con valores que superan los límites de la Normativa aplicable, lo que se puede inferir que existen descargas de aguas residuales domésticas y/o industriales que de manera ilícita descargan al Estero Salado a través de los canales existentes de aguas lluvias. Además, se observa que en marea baja los resultados son más desfavorables que en marea alta y los malos olores prevalecen en marea baja debido al grado de putrefacción de los lodos que afloran.

Se observa una pequeña dilución del agua en el tramo B, en época invernal, luego de varias lluvias, sin embargo, el efecto de las mareas no permite una oxigenación del Estero Salado en el área investigada.



**Ilustración 31 Modelación de Valores “ICA” Promedio de los Tramos A – B y C.**

**Realizado por:** Alex Paul Vivanco (2023) e Ing. Katty Díaz (2016).

Es importante anotar que en el tramo C de estudio existen sitios de esparcimiento donde se practica paseos en canoa, por lo que se debe comunicar a la comunidad a través de señalización clara que este brazo del Estero presenta contaminación y no es aconsejable realizar este tipo de actividades como contacto primario, dado que atenta contra la salud de los visitantes.



**Ilustración 32 Deportes en el Tramo C del Estero Salado.**

**Fuente:** Lic. Michael Solado, 2019.

### 3.5 Análisis de Resultados.

Terminado el análisis de las 6 muestras se pudo determinar el valor ICA de cada punto utilizando el procedimiento NSF, donde se obtuvieron diferentes valores sobre el grado de contaminación del Tramo C del Estero Salado comprendido entre el Puente Zigzag y el Puente 5 de junio. Estos análisis fueron realizados en el laboratorio de Calidad de Aguas de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil respetando los manuales sobre métodos analíticos del agua.

Se tuvo en cuenta un muestreo histórico como referencia y punto de partida para este trabajo investigativo de titulación. El cual estuvo arrojando resultados de manera periódica durante los años 2015 – 2021, para el análisis comparativo utilizamos el último muestreo histórico que se llevó a cabo el año 2021 dando como resultado un valor “ICA” de 47,87 como se detalla en la Tabla 8. Este valor refleja un grado de calidad de agua “Malo”. Cabe destacar que la toma de un solo punto no es suficiente para determinar el grado de contaminación de todo el Tramo C. No se encontró información sobre si las muestras eran cogidas en marea alta o marea baja, este es un factor muy importante para este análisis.

Para los valores de DBO5 el límite es de 2 mg/L según la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua en la Tabla 2 página 13, mientras que en los análisis de las 6 muestras nos da un valor promedio de 11,72 mg/L, este es un valor elevado para el consumo humano y preservación de la biodiversidad acuática.

En los Coliformes Fecales se obtuvieron valores de  $4 \times 10^{10}$  NMP/100ml sobrepasando el límite de 200 NMP/100ml permisible por la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua en la Tabla 3 página 14. Este parámetro pone en riesgo la vida acuática y silvestre en aguas marinas y de estuarios al ser nociva para cualquier ser vivo. El 70% de las enfermedades infecciosas estomacales son producto de bacterias relacionadas con los Coliformes Fecales. Si se revisa el parámetro de Coliformes Fecales se obtienen valores elevados donde estos varían desde las 100000 NMP/100ml en adelante, por lo que se escoge el valor 3 en Subi para calcular el valor “ICA”.

En la turbidez se obtuvo un valor promedio de 26,92 NTU, valor elevado de acuerdo con el rango de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua que es de 0 a 10 NTU, lo cual nos indica que es un agua altamente turbia y de mal aspecto. Este parámetro es uno de los más importantes ya que al observar el aspecto turbio del agua; este nos da un preámbulo del grado de contaminación que tiene el agua.

Como resultado final se obtuvo de las muestras 1 – 2 – 3 – 4 – 5 y 6 el grado de calidad de agua Mala y Media, indicativo de alta riesgosisad para el uso primario de las Aguas del Tramo C del Estero Salado.

## Conclusiones.

- Luego de revisar todos los resultados y la metodología para llegar a los mismos, los cuales se detallan de manera clara en este proyecto investigativo de titulación. Se concluye que el Tramo C del Estero Salado posee una calidad de agua “MALA”, el cual afecta la flora y preservación de la vida acuática del mismo.
- La historia deja claro que el crecimiento desmedido y no planificado de una ciudad es capaz de desestabilizar el ecosistema y destruirlo casi que por completo. Este es el caso de la Ciudad de Guayaquil, que viene creciendo desde los años 1950 hasta la actualidad de una manera desmedida y descontrolada; es evidente cuando se recorre zonas de asentamientos irregulares las cuales no están dotadas de sistemas de alcantarillados, esto obliga a sus habitantes a realizar sus descargar a los esteros que atraviesan la ciudad. Problemática que en el Tramo analizado ya ha tenido soluciones como el colector de aguas residuales, la recolección de solidos suspendidos (basura) o la construcción de parques lineales que mejoran el paisaje y la calidad de vida de los residentes del sector del Estero Salado.
- El impacto ambiental causado no solo por asentamientos irregulares sino también por las Industrias asentadas a lo largo de la Av. Carlos Julio Arosemena han causado tal daño que parece irreversible, ya que se han propuesto soluciones como la aeración de las aguas, cultivo de bacterias regeneradoras o embalses. Soluciones que no han tenido resultados positivos debido al alto grado de contaminantes que se encuentran en el fondo de estas aguas como lo son los lodos que forman parte de este cuerpo de agua.
- Para darle solución a esta problemática no solo se debe apuntar a los municipios que periodo tras periodo vienen buscando como remendar el daño causado. Sino también entender que es una problemática socio cultural, el Estero Salado no solo depende de las autoridades sino también del aporte de cada ciudadano hacia su recuperación.
- En la actualidad existen descargas ilícitas de aguas residuales domesticas e industriales, evidenciadas con los altos valores de los parámetros de Coliformes Fecales y DBO. Problemática que debe ser resuelta por las autoridades municipales.

- Luego de analizar el agua con el método NSF y lograr su modelación, sobre los parámetros y grados de contaminación del Tramo C del Estero Salado se concluye que no hay mejora de la calidad del agua.

### **Recomendaciones.**

- Se recomienda realizar programas de muestreos de manera periódica y con varias estaciones de monitoreos, que cumplan con la Norma INEN (NTE INEN 2226:2013 – Agua, Calidad del Agua, Muestreos, Diseño de los Programas de muestreo), el cual detalla información sobre procesos de captación de muestras e instrumentos de muestreo.
- Se recomienda con respecto a la toma de muestras que debe ser en baja mar y plea mar y además monitorear las descargas en cada tramo del estero con el fin de controlar la calidad de las descargas y el grado de contaminación que aporta. Especificar la fecha y el tipo de marea usado para el muestreo ayuda a entender y realizar muestreos de mayor acierto.
- Se recomienda promover campañas que se dediquen específicamente al cuidado ambiental y la importancia del daño causado en el Estero Salado, tanto como para empresas como para los habitantes de su alrededor.
- Se recomienda prohibir el uso primario y secundario de las aguas del Estero Salado por su alta contaminación.

## Bibliografía

- Aquae Fundación. (22 de septiembre de 2021). *AQUAE Fundación*. Obtenido de <https://www.fundacionaquae.org/agua-y-contaminacion/>
- Carrillo, B. V. (2012). *Estadística Demográfica en el Ecuador*. Quito: INEC.
- Gomez, I. E. (2016). *Calidad del Agua*. Valparaíso: Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
- Hanna Instruments. (12 de septiembre de 2022). *Hanna Instruments*. Obtenido de <https://www.hannainst.es/blog/1749/Control-de-turbidez-en-una-ETAP>
- Higiene Ambiental. (24 de diciembre de 2018). *higieneambiental.com*. Obtenido de <https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionella/que-nos-dice-la-turbidez-sobre-la-calidad-del-agua-potable>
- Ibanez, A. (20 de noviembre de 2017). *Nihon Kasetsu*. Obtenido de <https://nihonkasetu.com/es/dbo-y-dqo-para-caracterizar-aguas-residuales/>
- Induanalisis. (4 de junio de 2019). *Induanalisis Laboratorio Ambiental*. Obtenido de [https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/dbo\\_y\\_dqo\\_31](https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/dbo_y_dqo_31)
- INEC. (2015). *Una mirada historica a la estadistica del Ecuador*. Quito: El Telegrafo.
- INEN. (2013). *Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Tecnicas de Muestreo*. Quito.
- Ing. Melida Camacho Monar, P. (2021). *Sistematización de Proyectos y Obras ejecutadas para la Recuperación del Estero Salado del Cantón Guayaquil*. Guayaquil.
- Lahmeyer - Cimentaciones. (2000). *Plan Integral de la Recuperación del Estero Salado*. . Guayaquil.
- Robredo, R. (12 de Septiembre de 2022). *Hanna Instruments*. Obtenido de [https://www.hannainst.es/blog/139/importancia-de-la-medida-de-turbidez-en-inund#:~:text=Segun-la-OMS \(Organización-Mundial,por-debajo-de-1-NTU](https://www.hannainst.es/blog/139/importancia-de-la-medida-de-turbidez-en-inund#:~:text=Segun-la-OMS%20(Organizaci%C3%B3n-Mundial,por-debajo-de-1-NTU).
- Significados. (5 de enero de 2023). *Significados*. Obtenido de <https://www.significados.com/ph/>
- SNET. (2022). *Índice de Calidad del Agua General "ICA"*. San Salvador.
- telwesa. (27 de Abril de 2021). *TELWESA*. Obtenido de <https://telwesa.com/aguas-industriales/>
- Zarza, L. F. (s.f.). *iagua*. Obtenido de <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-residuales>



## **DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN**

Yo, **Vivanco Díaz Alex Paul**, con C.C: # **1721378527** autor del trabajo de titulación: **Análisis De La Calidad Del Agua Del Tramo C Del Estero Salado Y Su Interrelación Con El Desarrollo Urbano**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **27 de febrero del 2023**

Nombre: **Vivanco Díaz Alex Paul**  
C.C: **1721378527**



## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	<b>Análisis de la Calidad del Agua del Tramo C del Estero Salado y su Interrelación con el Desarrollo Urbano.</b>		
<b>AUTOR:</b>	Alex Paul Vivanco Díaz.		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Mérida Alexandra Camacho Monar, PhD.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.		
<b>FACULTAD:</b>	<b>INGENIERÍA.</b>		
<b>CARRERA:</b>	<b>INGENIERÍA CIVIL.</b>		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	<b>INGENIERO CIVIL.</b>		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	27 de febrero del 2023	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	62
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Ingeniería Hidráulica, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Civil.		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Recurso Fluvial, Descargas Sólidas y Líquidas, Aguas Servidas Domésticas, Aguas Servidas Industriales.		
<b>RESUMEN:</b>	<p>Siendo Guayaquil una ciudad asentada sobre ríos y brazos de mar, vías importantes por las cuales se formaron los pilares de su economía, su desarrollo y crecimiento poblacional a gran escala. Con el pasar de los años se ha convertido en la ciudad más grande del país, albergando una gran cantidad de habitantes que buscan crecer con ella.</p> <p>Debido a este crecimiento a gran escala y con poca planificación ambiental, se ha visto afectado el recurso marítimo y fluvial. A partir de los años 50, hay un desarrollo poblacional de manera desordenada, causando contaminación a gran escala el cual afectaría de manera directa al Estero Salado. Tanto las descargas sólidas, descargas líquidas y las aguas servidas domésticas como industriales causaron un daño ambiental que hasta la actualidad no ha sido resuelto en su totalidad, afectando así el ambiente de la ciudad, ya que, esta es atravesada por un número considerable de Esteros.</p> <p>A raíz de este problema, algunas entidades públicas como privadas han intentado recuperar parte del Estero Salado y devolverlo como era antes un atractivo turístico y balneario para los guayasenses y visitantes. Entre los años 2000 y 2020 se han llevado a cabo proyectos con el fin de determinar los niveles de contaminación y su mejoría.</p> <p>Con el fin de determinar si en los últimos años se tiene mejoría o deterioro del Tramo C del Estero Salado, se ha llevado a cabo un muestreo y análisis de este, el cual será comparado con resultados de investigaciones anteriores.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-99-636-0479	<b>E-mail:</b> alexvivanco1@hotmail.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):</b>	<b>Nombre:</b> Clara Glas Cevallos		
	<b>Teléfono:</b> +593-4 -2206956		
	<b>E-mail:</b> clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			