



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

TEMA:

**Determinación del índice de calidad ambiental del estero
salado entre el tramo del Puente del Velero hasta el muelle de
la Escuela de Canotaje.**

AUTORES:

**Potosí Martínez, Eduardo Andrés
Aguilar López, Alfredo Alejandro**

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

TUTORA:

Glas Cevallos, Clara Catalina

GUAYAQUIL, ECUADOR

27 de febrero



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 **Potosí Martínez, Eduardo Andrés y Aguilar López Alfredo Alejandro**, como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO CIVIL**

TUTORA

f. _____

Ing. Glas Cevallos, Clara Catalina, Ms.C.

DIRECTORA DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Stefany Alcívar Bastidas, Ms.C.

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



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Potosí Martínez, Eduardo Andrés y Aguilar López Alfredo Alejandro**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación: **Determinación del índice de calidad ambiental del estero salado entre el tramo del Puente del Velero hasta el muelle de la Escuela de Canotaje**, 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 nuestra total autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

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

AUTORES

f. 

Potosí Martínez, Eduardo Andrés

f. 

Aguilar López, Alfredo Alejandro



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Potosí Martínez, Eduardo Andrés y Aguilar López Alfredo Alejandro**

Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **Determinación del índice de calidad ambiental del estero salado entre el tramo del Puente del Velero hasta el muelle de la Escuela de Canotaje**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

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

AUTORES

f. 

Potosí Martínez, Eduardo Andrés

f. 










Aguilar López, Alfredo Alejandro

REPORTE DE URKUND

Document Information

Analyzed document	Titulación Aguilar - Potosi.docx (D159748094)
Submitted	3/1/2023 2:00:00 AM
Submitted by	
Submitter email	clara.glas@cu.ucsg.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	clara.glas.ucsg@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil / TESIS-PRESENTACIÓN-MIERCOLES -.docx Document TESIS-PRESENTACIÓN-MIERCOLES -.docx (D15095754) Submitted by: fabrigui2010@hotmail.com Receiver: gustavo.escobar.ucsg@analysis.orkund.com		1
SA	tésis_Lopez_Karol.pdf Document tésis_Lopez_Karol.pdf (D48908018)		2
SA	Trabajo de titulación Ing. Ana Karina Alcivar Cedeño.pdf Document Trabajo de titulación Ing. Ana Karina Alcivar Cedeño.pdf (D109976416)		1
SA	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil / Pazmiño_Luis_ corregido.docx Document Pazmiño_Luis_ corregido.docx (D112905095) Submitted by: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec Receiver: clara.glas.ucsg@analysis.orkund.com		3
SA	TESIS FINAL CAZCO-MIRANDA[7394].docx Document TESIS FINAL CAZCO-MIRANDA[7394].docx (D131315826)		2
SA	PROYECTO TESIS TAHUANDO V03.doc Document PROYECTO TESIS TAHUANDO V03.doc (D14524088)		1
SA	TESIS-ACTUAL COPIA 2.docx Document TESIS-ACTUAL COPIA 2.docx (D15770228)		1
SA	INVESTIGACIÓN.docx Document INVESTIGACIÓN.docx (D35098856)		1
SA	Paola Maza.xlsx Document Paola Maza.xlsx (D157509309)		1

Entire Document

FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
TEMA: DETERMINACIÓN DEL ICA DEL ÉSTERO SALADO ENTRE EL TRAMO DEL PUENTE DEL VELERO HASTA EL MUELLE DE LA ESCUELA DE CANOTAJE
AUTORES: Potosí Martínez, Eduardo Andrés Aguilar López, Alfredo Alejandro
Trabajo de titulación previo a la obtención del título de INGENIERO CIVIL
TUTORA: Glas Cevallos, Clara Catalina
GUAYAQUIL, ECUADOR

Clara Glas Cevallos

AGRADECIMIENTO

Primeramente le doy gracias a Dios por bendecirme y darme la sabiduría para poder terminar la carrera, agradezco a mis padres por darme la oportunidad de poder estudiar en una universidad tan prestigiosa cómo es la Universidad Católica, agradezco a mis hermanos y amigos que fueron las personas que siempre me daban ánimos y finalmente agradezco la Ingeniera Clara Glas por tener la paciencia y dedicación de ayudarnos al momento de realizar nuestro trabajo de titulación.

Potosí Martínez Eduardo Andrés

AGRADECIMIENTO

Le doy las gracias a Dios por guiarme en el camino a la obtención de mi título, también agradezco a mis Padres: Celia López y Luis Aguilar que sin ellos no hubiera podido alcanzar esta increíble meta, agradezco de igual forma a mis hermanos, primos y amigos que estuvieron para mí cuando los necesite, agradezco a mi Tutora la Ingeniera Clara Glas por su paciencia en todo el desarrollo del trabajo de Titulación y agradezco a mi segunda casa que es la Residencia Andreli's Home por verme crecer estos últimos cinco años como estudiante y estar conmigo en todo momento.

Aguilar López Alfredo Alejandro

DEDICATORIA

Primeramente dedico este título a Dios porque gracias a él puede terminar mi carrera, en segundo lugar, les dedicó este título a mis padres porque ellos nunca dudaron que podía terminar mis estudios y graduarme, y también este título va dedicado a todas las personas que creyeron en mí.

Potosí Martínez Eduardo Andrés

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo de titulación a Dios porque gracias a él pude culminar mi carrera, de igual forma se la dedico a mis padres y hermanos que siempre confiaron en mí y a todas las personas que no dejaron que creer en mí que podía alcanzar esta meta.

Aguilar López Alfredo Alejandro



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f.

Ing. Federico von Buchwald de Janon, Ph.D.

f.

Ing. Glas Cevallos, Clara Catalina, Ms.C.

TUTORA

DECANO DE LA CARRERA

Ing. Nancy Varela Terreros, Ph.D.

DOCENTE DELEGADO

f.

Ing. Alexandra Camacho Monar, Ph.D.

OPONENTE

Índice de contenido

1.	INTRODUCCIÓN.....	2
1.1	Justificación	2
1.2	Antecedentes	2
1.3	Objetivos.....	3
1.3.1	Objetivo General.....	3
1.3.2	Objetivos Específicos	3
1.4	Metodología	3
2.	MARCO TEÓRICO	5
2.1	Recursos Hídricos	5
2.2	Los esteros y manglares	6
2.3	Índice ambiental.....	11
2.4	Índice de calidad del agua (ICA)	12
2.5	Métodos para determinar el ICA.....	13
2.5.1	Índice de la Fundación Nacional de Saneamiento (NSF).....	13
	Índice de Calidad de Agua NSF cuando falta un parámetro	14
	Curvas de función para el NSF.....	15
2.5.2	Índice de Dinius.....	17
3.	METODOLOGÍA.....	22
3.1	Localización del sitio de estudio.....	22
3.2	Predicción de Mareas del Ecuador – Guayaquil (Río Guayas)	23
3.3	Materiales y Métodos.....	24
3.4	Estaciones de muestreo	26
3.5	Metodología Experimental	27
3.6	Muestras 1-12	28
3.7	Análisis Metodológico	30
4.	ÁNÁLISIS DE RESULTADOS.....	32

4.1	Determinación del ICA	37
4.1.1	Muestreo 2. Fecha: 08/02/2023	38
4.1.2	Muestreo 3. Fecha: 10/02/2023	40
4.1.3	Mapas con los Índices de Calidad del Agua.....	42
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		44
BIBLIOGRAFÍA		45
ANEXOS FOTOGRÁFICOS.....		47

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1._ Vista del Estero Salado del tramo del puente del velero hasta el muelle de la escuela de canotaje	4
Ilustración 2._ Contaminación del Estero Salado	8
Ilustración 3._ Curvas de función para los diferentes parámetros del índice NSF	16
Ilustración 4._ Zona 1, Estero Salado	22
Ilustración 5._ Puntos de muestreo	26
Ilustración 6._ Preparación de los reactivos para el análisis	30
Ilustración 7._ Resultados de la Temperatura.....	33
Ilustración 8._ Resultados de la Turbidez.....	34
Ilustración 9._ Resultados de los Sólidos Disueltos Totales	34
Ilustración 10._ Resultados de Coliformes Fecales	35
Ilustración 11._ Resultados del Oxígeno Disuelto	35
Ilustración 12._ Resultados del pH	36
Ilustración 13._ Resultados del DBO5	36
Ilustración 14._ Mapa con los Índices de Calidad del Agua de NSF	42
Ilustración 15._ Mapa con los Índices de Calidad del Agua de NSF	43
Ilustración 16._ Toma de Muestra en los puntos asignados.....	47
Ilustración 17._ Navegación en bote en el Estero Salado	47
Ilustración 18._ Lancha recolección de basura	47
Ilustración 19._ Navegación en marea baja	47
Ilustración 20._ Obtención de muestra por medio de pipetas	48
Ilustración 21._ Equipo Multiparámetros	48
Ilustración 22._ Realización de Ensayos con el Laboratorista.....	48
Ilustración 23._ Preparación de agua peptona	48
Ilustración 24._ Resultados de Coliformes Fecales	48
Ilustración 25._ Colocación de agua peptona en recipientes pequeños	48
Ilustración 26._ Resultados de DBO5	48

Índice de tablas

Tabla 1._ Descarga contaminante a distintos recursos hídricos	9
Tabla 2._ Consolidación de resultados por EMAPAG EP	10
Tabla 3._ Consolidación de resultados por EMAPAG EP 2022	10
Tabla 4._ ICA como herramienta de evaluaciones de la calidad de agua Ventajas y Limitaciones	12
Tabla 5._ Peso ponderado	14
Tabla 6._ Criterio de Calidad del agua	14
Tabla 7._ Subíndice de Dinius	18
Tabla 8._ Pesos ponderados de cada variable para el Índice Dinius	19
Tabla 9._ Uso recreativo, Índice Dinius	20
Tabla 10._ Uso como agua potable, Índice Dinius	20
Tabla 11._ Uso en pesca y vida acuática, Índice Dinius	20
Tabla 12._ Uso industrial, Índice Dinius	21
Tabla 13._ Uso en agricultura, Índice Dinius	21
Tabla 14._ Predicción diaria de mareas en el Ecuador-Guayaquil (Río Guayas) 2023... ..	23
Tabla 15._ Materiales, equipos y reactivos	24
Tabla 16._ Métodos y Equipos utilizados para los ensayos de laboratorio	25
Tabla 17._ Criterios de calidad de aguas para fines recreativos mediante contacto secundario.	28
Tabla 18._ Resultados de los Análisis físico-químicos del Muestro 1	32
Tabla 19._ Resultados de los análisis físico-químicos del Muestro 2.....	32
Tabla 20._ Resultados de los análisis físico-químicos de las muestras.....	37
Tabla 21._ Tablas de los cálculos del ICA del Muestreo 2	38
Tabla 22._ Tablas de los cálculos del ICA del Muestreo 3	40

RESUMEN

Se evaluó la calidad del agua del Estero Salado entre el tramo Puente del Velero y la escuela de canotaje mediante el Índice de Calidad de Agua (NSF), los análisis recopilados para esta investigación fueron realizados en el laboratorio de Calidad de Aguas de la UCSG.

Se determinaron variables físico-químicas y bacteriológicas. Mediante el método NSF se permitió conocer el estado de la calidad del agua del Estero Salado para luego poder ponderar el ICA que estuvo entre el rango de 43,95 y 52,58, por lo tanto la calidad del agua es de **Media a Mala**. Y para la normativa ambiental del TULSMA, el oxígeno disuelto no cumple con el rango mayor a 80% para fines recreativo mediante contacto secundario ya que el oxígeno disuelto promedio es de 69,84%. Basado en estos datos se debe considerar seguir fomentando las campañas de recuperación del Estero Salado y seguir con el Monitoreo anual del Estero para ver cómo ha variado los parámetros físico-químicos.

Palabras Clave: NSF, Índice de Calidad del Agua, Tulsma, Estero Salado, Fines Recreativo Mediante Contacto Secundario, Puente del Velero

ABSTRACT

The water quality of the Estero Salado was evaluated between the section Puente del Velero y la escuela de canotaje through the Water Quality Index (NSF), the analyzes collected for this research were performed in the water quality laboratory of the UCSG.

Physical-chemical and bacteriological variables were determined. By means of the NSF method it was allowed to know the state of the water quality of the Salt Estero to then be able to weigh the ICA that was between the range of 43.95 and 52.58, therefore the water quality is from Medium to Bad. And for TULSMA environmental regulations, dissolved oxygen does not meet the range greater than 80% for recreational purposes by secondary contact since the average dissolved oxygen is 69.84%. Based on these data, it should be considered to continue promoting the recovery campaigns of the Estero Salado and continue with the annual Monitoring of Estero to see how the physical-chemical parameters have varied.

Keywords: NSF, Water Quality Index, Tulsma, Salt Pond, Recreational Purposes by Secondary Contac

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

En este trabajo de titulación procederemos a realizar los parámetros para determinar el ICA, si se visita el estero desde el trayecto del puente del Velero hasta el malecón del salado podemos ver que se realizan bastantes actividades recreativas y deportivas acuáticas a lo largo del Estero Salado, lo que nos lleva a preguntarnos, si es seguro realizar actividades acuáticas en el Estero, la incertidumbre aparece por la notoria contaminación que existe, se puede apreciar la presencia de basura flotando y malos olores en el Estero Salado.

También es importante resaltar que, en esa parte del estero, la escuela de canotaje, al estar en contacto con el agua, podrían estar expuestos a enfermedades por las bacterias dañinas que presuntamente pueden existir en el estero contaminado, por eso, el trabajo de titulación será evaluar la calidad del agua del estero, para saber si representa un peligro para las personas que realizan actividades acuáticas.

1.2 Antecedentes

Desde hace mucho tiempo, se han desarrollado planes para eliminar la contaminación del Estero Salado, pero en noviembre del 2020, se renovó el contrato con la empresa Visolit, la encargada de la limpieza de residuos flotantes del estero, desde 2001, pero hasta el día de hoy se siguen viendo, residuos flotantes en el estero.

Existen estudios científicos que mencionan sobre la contaminación de la calidad del agua del Estero Salado y sus consecuencias sobre la salud, en especial problemas respiratorios y parasitosis.

Uno de los más grandes problemas de contaminación es por las descargas ilegales que existen a lo largo del estero, posiblemente son redes que están conectadas a las redes de aguas lluvias, esto ha provocado que el Estero se vaya deteriorando poco a poco, hasta el día de hoy, donde es casi irreversible intentar rehabilitar el Estero Salado, sin embargo, la empresa LAHMEYER realizó estudios para saber cómo se encontraba el agua del

Estero. En base a estos estudios, se propusieron bastantes soluciones para la supervisión y mejoramiento del Estero.

El fin de los proyectos que se realizaron para la rehabilitación del Estero, era devolveré a la ciudad uno de los atractivos turísticos que tenía esta ciudad, como se puede observar hoy en día, no se logra el objetivo, sin embargo, también se realizaron proyectos para embellecer los alrededores del Estero Salado, aunque no mejore la calidad del agua, al menos brinda un buen ambiente para fomentar al turismo. (Briones, 2021)

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Determinar el ICA del Estero Salado respecto al análisis de las condiciones físicas, químicas y bacteriológicas del tramo entre el Puente del Velero hasta el muelle de la escuela de canotaje y comparándolos con la normativa ambiental.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Obtener muestras de agua del Estero Salado cada 100 metros entre el Puente del Velero y el muelle de la escuela de canotaje
- Realizar ensayos de laboratorio con las muestras para los respectivos análisis de las características físicas, químicas y bacteriológicas
- Analizar los resultados obtenidos en el laboratorio y comparar con los criterios de calidad de aguas para fines recreativos y deportivos, según la tabla 7 del Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente
- Calcular el Índice de Calidad del Agua (ICA) mediante el método NSF para comprobar la calidad del agua del Estero

1.4 Metodología

Para el desarrollo de dicha investigación práctica se va a considerar la altura del nivel del mar, es decir, la bajamar y la pleamar del Estero Salado. La altura de bajamar y pleamar

del Estero Salado fluctúan entre los 0,2 y 5,1 msnm respectivamente en estos primeros 3 meses del año 2023 según Inocar (Ver Tabla 14). Las muestras se recolectarán en bajamar por su mayor concentración de contaminación, dependiendo del día se recolectarán entre los 0,2 y 0,5 msnm.

Se monitoreó el Estero Salado para obtener la calidad del agua. A partir de estos resultados se calculó el ICA con el método NSF. Los resultados también se usaron para comparar con los criterios de calidad del agua del TULSMA (Ver Tabla 16).

Se tomarán 12 muestras de agua del Estero Salado dentro del tramo comprendido entre el Puente del Velero y la escuela de canotaje.

6 de estas muestras se tomarán cada 100 metros a lo largo del eje central del Estero Salado y las otras 6 distribuidas se tomarán a los bordes del Estero Salado.

Ilustración 1._ Vista del Estero Salado del tramo del puente del velero hasta el muelle de la escuela de canotaje



Fuente: Proporcionado por Google Earth

CAPÍTULO 1

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Recursos Hídricos

Lo primero que hay que hacer antes de entrar de lleno en la definición de recursos hídricos es conocer el origen etimológico de esas dos palabras: (Pérez Porto, 2014)

- Recursos deriva del latín, concretamente de “recursus”, que viene a hacer referencia a hacer uso de los medios o bienes de los que dispone alguien para acometer algo en concreto. (Pérez Porto, 2014)
- Hídricos, por su parte, emana del griego. Puede traducirse como “relativo al agua” y es fruto de la suma de dos partes claramente diferenciadas: el sustantivo “hydor”, que es sinónimo de “agua”, y el sufijo “-ico”, que se usa para indicar “relativo a”. (Pérez Porto, 2014)

En concreto, las estimaciones llevadas a cabo vienen a establecer que el 100 % del agua total del planeta se distribuye de la siguiente manera: 97,47 % de agua salina, 2,53 % de agua dulce, 1,76 % de glaciares y capas polares, 0,76 % de agua subterránea y 0,01 % de lagos, ríos y atmósfera. (Pérez Porto, 2014)

Se trata de uno de los grandes recursos naturales del planeta Tierra. Es indispensable no sólo para el sostén de la vida, sino para conservar el balance físico-químico del planeta. La cantidad y la disposición de los recursos hídricos varían enormemente dependiendo de la región geográfica. Mientras en algunos lugares se la malgasta, en otros resulta un bien particularmente escaso. (Etece, 2021)

Uno de los desafíos más graves ante los que se encuentra el mundo de hoy es la crisis del agua que se avecina y en efecto, en el siglo pasado la demanda mundial sobre los recursos hídricos se multiplicó por más de seis mientras que la población del planeta se triplicó. De no mejorar la gestión de los recursos hídricos y los ecosistemas conexos, se estima que para los 2025 dos tercios de la población mundial padecerá problemas de penuria de agua, con escasez grave o moderada (Martínez Valdés & Michel Villalejo García, 2018)

2.2 Los esteros y manglares

Los manglares, según Naciones Unidas, son ecosistemas costeros, típicos de las zonas tropicales y subtropicales, que presentan una gran riqueza de biodiversidad. Es importante recalcar que existen diferentes tipos de manglares, pero todos ellos tienen una característica común: nacen del contacto entre dos ambientes muy distintos el terrestre y el marino, constituyendo así uno de los hábitats más valiosos del planeta. (fundación, 2022)

Los manglares poseen una biodiversidad de especies enorme y diversa, incluso algunas solo se encuentran en este tipo de entornos. La fauna que predomina está adaptada a las mareas y a las particularidades de este ecosistema. Entre las especies más comunes encontramos crustáceos, peces, moluscos, aves, reptiles, anfibios y mamíferos. (fundación, 2022)

Los esteros constituyen un ámbito fundamental desde el punto de vista socio económico y ambiental en cualquier parte del mundo y, en particular, en Guayaquil. Esta ciudad se alinea entre las más pobladas de América Latina (con 2'723.665 millones de habitantes en su área metropolitana (INEC, 2022), siendo la cabecera cantonal y la capital de la provincia Guayas, a orillas del río del mismo nombre y con el Estero Salado, que la rodea por su parte suroccidental. Ahí se encuentra una de las entradas de aguas más importantes del Océano Pacífico en Sudamérica, cubriendo una distancia de 230 kilómetros en sus salientes extremos, entre Cabo Blanco (Perú) y la Punta de Santa Elena (Ecuador), en una zona con una alta densidad demográfica. (Álvarez Arroyo, Pérez Cayeiro, & Macías Bedoya, 2015)

El Estero Salado, de la ciudad de Guayaquil, es un sistema de estuarino, de aproximadamente 60 km de longitud desde el Puerto marítimo de Guayaquil hasta Posorja, que concentra el 81% del sistema de mangares del Ecuador. Estos estuarios ofrecen una variedad de bienes y servicios ecológicos importantes para la sustentación de comunidades costeras, albergando así peces, crustáceos y moluscos de valor ecológico y comercial. (Monserrate, Medina, & Calle, 2011)

Sin embargo, por incursionar en la ciudad más poblada del Ecuador, el estero Salado, ha sido afectado en diferentes formas por las actividades antropogénica que se realizan en la urbe y sus alrededores. Así tenemos, que el crecimiento acelerado de la población

incluyendo asentamientos urbanos legales e ilegales, han llevado a insuficientes sistemas de alcantarillado, tratamientos de aguas residuales y disposición final de los desechos sólidos. (Monserrate, Medina, & Calle, 2011)

El estero salado es uno de los lugares más importantes ya que es un ecosistema natural que representa a la ciudad porteña, tiene un valor histórico y es donde habitan un sin número de especies tales como: marisco, crustáceos, moluscos, etc., es un lugar donde se encuentran árboles protegidos por las normas ambientales.

(Briones, 2021) Dice: El agua es un recurso fundamental para la vida y por ende para la humanidad. Sin embargo, a diario se contaminan las principales fuentes que nos proporcionan este recurso como mares, ríos, esteros, entre otros. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud el agua contaminada es: “una composición que ha sido modificada de modo que no reúne las condiciones para el uso que se le hubiera destinado en su estado natural”. El agua del Estero Salado presenta este problema como ya se mencionó con anterioridad. A lo largo de los años este recurso natural ha sido destruido debido a distintos tipos de descargas líquidas sin control alguno.

Guayaquil ha tenido un crecimiento poblacional desordenado, en consecuencia, el Estero Salado, se convirtió en un lugar de descargas domésticas e industriales con el pasar de los años, es notable su contaminación la producción de malos olores y una coloración negruzca. (Rojas, 2017)

Según los datos del Municipio de Guayaquil, está establecido una zonificación conforme a la ubicación geográfica, urbanística y grado de contaminación.

- Zona I: tenemos los tramos A, B, C y D iniciando por las ciudadelas: Miraflores, Urdesa y Kennedy finalizando por la intersección del puente 5 de Junio.
- Zona II: comprende los tramos E, G, H e I: empieza por la calle 17 y el puente Portete terminando en el puerto marítimo.
- Zona III: Consta con el tramo Puerto Hondo incluyendo los ramales del estero: Plano Seco, Mogollón, Madre Costal, Puerto Hondo.

Al inicio de la expansión de zonas urbanas, la gestión de desechos sólidos y líquidos fue insuficiente debido al relleno en donde se utilizaron estos mismos materiales. Las descargas de aguas residuales de origen doméstico urbano e industrial sumado al poco

interés de las antiguas autoridades de Guayaquil que las aguas del estero fluyan hacia las corrientes del mar para ayudar con la autodepuración de las mismas. (Cheme, 2020)

De acuerdo con (Zarza, 2020): 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.

Los principales problemas que resultan de las actividades humanas, son la mala disposición y recolección de desechos sólidos (fundas, telas, etc.), descargas residuales y doméstica, tala de manglar para asentamientos informales, contaminación por hidrocarburos y relleno de los cauces naturales, entre otros (Alvarez, Perez, & Macias, 2015)

Ilustración 2._ Contaminación del Estero Salado



Fuente: Fotografía propia

Estudios realizados por el Proyecto “Guayaquil Ecológico” Componente “Estero Salado” desde el 2010, describen la situación en los tramos interiores conocidos como “A” (Urdesa Kennedy) y “B” (Urdesa-Miraflores), pertenecientes al Distrito V, son afectados por la descargas de aguas industriales urbanas y domésticas, con altos valores de DBO de

20m g/l y bajas acumulaciones de oxígeno (< 1mg/l) y llegando a baja mar en donde ya no encontramos este elemento. El lodo en estos tramos presenta elevadas concentraciones de sulfuros, y metales nocivos, cadmio, mercurio y plomo. (MAE, 2016)

Los nutrientes nitrogenados oxigenados como los nitritos y nitratos, presentan tendencias a decrecer lo que nos indica que el ciclo biológico del nitrógeno en las aguas del estero no se está cumpliendo en su totalidad resultando dañino para la pureza del agua en época seca. (Vargas, 2016)

El Alcantarillado cubría aproximadamente un 70% del área del perímetro urbano de la ciudad, atendiéndose básicamente el área consolidada, sobre todo con colectores. Sin embargo, el continuo y permanente crecimiento de la población, captando áreas para sus asentamientos no planificados, contribuye para que la eficiencia de las áreas servidas disminuya (Lahmeyer, 2000)

Diversas industrias descargaban sus aguas residuales directamente al Estero Salado. Esto fue perjudicando la calidad del agua de este sistema estuarino a lo largo de los años. A pesar de que el TULSMA prohíbe totalmente cualquier tipo de descarga de aguas servidas a un sistema estuarino esto ocurría en el Estero Salado. Alrededor 17 000 Kg DBO5/día eran descargados a tres distintos recursos hídricos: río Guayas, río Daule y Estero Salado (Lahmeyer, 2000)

Tabla 1._ Descarga contaminante a distintos recursos hídricos

Aguas servidas de las industrias de alimentos y bebidas			
Receptor	Repartición %	Aguas servidas industriales m^3/d	Carga 1) Contaminante $DBO_5 kg/d$
Río Guayas	10%	1200	1700
Río Daule	66%	7920	11220
Esteros Salado	24%	2880	4080
Total		12000	17000

Fuente: (Lahmeyer, 2000)

Un 24% de las descargas industriales se dirijan al Estero Salado sin ningún tipo de tratamiento. Esto causaba una carga contaminante de DBO5, de alrededor de 4080 kg/d.

Tabla 2._ Consolidación de resultados por EMAPAG EP

FECHA Muestreo	Longitud	Latitud	SITIO	TRAMO DEL ESTERO SALADO	INFORME No.	Laboratorio	Cloruros	Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	Demanda Química de Oxígeno	Fósforo Total	Nitrógeno Total	Oxígeno Disuelto	Sólidos Suspendidos	Sulfatos	pH in situ	Temperatura (in situ)	Coliformes Fecales
13/7/2015	6202'18	9760'322	Urdesa Miraflores	ZONA I - B	2452-9	ANAVANLAB	1393,1	26	49	3,6	13	<4	<50	48	7,2	28,1	920
24/5/2015	6202'18	9760'322	Urdesa Miraflores	ZONA I - B	2657-6	ANAVANLAB	88,1	96	74	4,4	10	<4	<50	48	7,8	28,8	35000
23/4/2016	6202'18	9760'322	Urdesa Miraflores	ZONA I - B	3446-6	ANAVANLAB	60,4	20	31	1,6	<5	5,7	<50	57	6,9	26,5	7000
12/3/2016	6202'18	9760'322	Urdesa Miraflores	ZONA I - B	61244	GRUPO QUIMICO MARCOS	126,95	16	46	0,839	4,5	2,1	<2	53	7,26	27,8	739
24/12/2017	6202'18	9760'322	Urdesa Miraflores	ZONA I - B	64480	GRUPO QUIMICO MARCOS	15722,26	9,45	18,4	0,55	4,4	0,77	26	900	7,6	30,3	4700
16/5/2017	6202'18	9760'322	Urdesa Miraflores	ZONA I - B	66341-1	GRUPO QUIMICO MARCOS	1267,23	4,5	28	0,44	<1,22	2,85	6	40	6,37	29,1	9200
16/3/2017	6202'18	9760'322	Urdesa Miraflores	ZONA I - B	65584-1	GRUPO QUIMICO MARCOS	20,44	66	100	0,66	<1,22	0,76	4	37	7,62	29,3	10238
27/11/2017	6202'18	9760'322	Urdesa Miraflores	ZONA I - B	0439-17	INGEESTUDIOS	135,6	16	42	0,76	3,92	3,3	6	96	7,2	27	640
19/7/2016	6202'18	9760'322	Urdesa Miraflores	ZONA I - B	0464-18	INGEESTUDIOS	145,3	11,8	23	0,75	3,76	3,99	44,44	64	7,7	26,6	765
17/3/2016	6202'18	9760'322	Urdesa Miraflores	ZONA I - B	0766-19	INGEESTUDIOS	142,27	17,5	49	0,81	3,29	0,23	88	76	7,5	28,8	890
14/8/2016	6202'18	9760'322	Urdesa Miraflores	ZONA I - B	0720-19	INGEESTUDIOS	116,5	10,1	55	1,28	7	4,49	22	85	7,4	24,1	980
27/6/2016	6202'18	9760'322	Urdesa Miraflores	ZONA I - B	0600-19	INGEESTUDIOS	198,5	4,3	3,9	0,85	4	4,92	19	75	7,44	23,6	910
17/10/2016	6202'18	9760'322	Urdesa Miraflores	ZONA I - B	0916-19	INGEESTUDIOS	127,65	13,3	38	1,25	6,5	3,8	28	62	7,6	27,6	726
19/12/2020	6202'01	9760'932	Urdesa Miraflores	ZONA I - B	22032	ANAVANLAB	2189,6	60	101	5,2	16	1,6	<30	120	7,3	27,3	>2420
31/12/2020	6202'05	9760'933	Urdesa Miraflores	ZONA I - B	21159	ANAVANLAB	1409,5	73	128	2,8	24	2,7	<30	240	7,2	26,4	>2420
27/02/2021	6202'04	9760'932	Urdesa Miraflores	ZONA I - B	22853	ANAVANLAB	85	20	39	9,4	<5	2,9	<30	49	7	28	10400

Fuente: EMAPAG EP

Tabla 3._ Consolidación de resultados por EMAPAG EP 2022



CONSOLIDADO DE RESULTADOS DEL ANEXO 2 - EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE GUAYAQUIL EMAPAG EP

No.de Laboratorio	89499-1		89499-2		89499-3		89499-4		89499-5		89499-6		ANEXO 1 LIBRO VI TULSMA AM 097A [2015-11] TABLA 2. CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS
Lugar de monitoreo	Guayaquil - Estero Salado - Puente Urdesa Miraflores		Guayaquil - Estero Salado - Puente Urdesa Kennedy		Guayaquil - Estero Salado - Puente 5 de Junio		Guayaquil - Estero Salado - Puente Portete		Guayaquil - Estero Salado - Urbanización Puerto Azul		Guayaquil - Estero Salado - Puente Perimetral		
Identificación	Aguas superficiales en el Estero Salado - Puente Urdesa Miraflores		Aguas superficiales en el Estero Salado - Puente Urdesa Kennedy		Aguas superficiales en el Estero Salado - Puente 5 de Junio		Aguas superficiales en el Estero Salado - Puente Portete		Aguas superficiales en el Estero Salado - Urbanización Puerto Azul		Aguas superficiales en el Estero Salado - Puente Perimetral		
ESTADO DE MAREA	REFLUJO		REFLUJO		REFLUJO		REFLUJO		REFLUJO		REFLUJO		
Fecha de Muestreo	2022/08/18		2022/08/18		2022/08/18		2022/08/18		2022/08/18		2022/08/18		
Hora de Muestreo	14:10		14:30		15:00		15:25		16:00		16:50		
Parámetro (Unidades)	Método	Unidades	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	CRITERIOS PARA AGUA MARINA Y ESTUARIO
Demanda Bioquímica de Oxígeno	PEE-GQM-FQ-05	mgO2/l	8,07	9,6	8,46	5,73	5,43	4,59	N/A				
Demanda Química de Oxígeno	PEE-GQM-FQ-04	mgO2/l	45,86	87,74	53,84	51,84	23,93	41,87	N/A				
Sólidos Suspendidos Totales	PEE-GQM-FQ-06	mg/l	20	32	38	53	56	67	N/A				
Turbidez	PEE-GQM-FQ-25	NTU	8,87	9,97	3,8	1,89	3,18	1,7	N/A				
Oxígeno Disuelto in situ	PEE-GQM-FQ-65	mgO2/l	2,12	2,8	4,49	5,45	4,68	5,74	N/A				
Oxígeno Disuelto in situ, % Saturacion	PEE-GQM-FQ-65	%	26,9	35,1	56,7	68,4	59,8	72,4	> 60				
Potencial de Hidrógeno, in situ	PEE-GQM-FQ-41	Unidades de pH	7,37	7,13	7,15	7,2	7,11	7,19	6,5 - 9,5				
Temperatura in situ	PEE-GQM-FQ-02	°C	28,5	28,1	27,9	27,6	28,3	28,2	N/A				
Conductividad Eléctrica	PEE-GQM-FQ-13	µs/cm	1 014	22 100	25 600	32 700	34 800	35 100	N/A				
Cloruros	PEE-GQM-FQ-08	mg/l	164,63	6 908,73	8 269,6	11 139,06	11 678,93	12 555,69	N/A				
Sulfatos	PEE-GQM-FQ-28	mg/l	61	1000	1100	1380	1760	1640	N/A				
Nitrógeno total Kjeldahl	PEE-GQM-FQ-42	mg/l	10,74	2,99	3,64	1,7	0,91	0,72	N/A				
Coliformes Fecales	PEE-GQM-MB-69	NMP/100 ml	15 531,00	10 112,00	12 997,00	7 701,00	823,00	728,00	N/A				
Fósforo	PEE-GQM-FQ-33	mg/l	1,47	2,62	2,26	1,82	1,58	1,63	N/A				

Fuente: EMAPAG EP

Esto indica, que los valores comparados de EMAPAG EP desde los años anteriores se han visto un leve cambio, en algunos parámetros con el DBO y DQO ha mejorado la calidad del agua en el sector Urdesa – Miraflores.

Pero hay algunos tramos donde el agua está muy contaminada, que no permite una mejoría del Estero. Las descargas de aguas servidas, industrial, son muy perjudiciales, y siguen destruyendo poco a poco el estuarino

2.3 Índice ambiental

Es una categorización numérica o descriptiva de una gran cantidad de información ambiental, con el propósito de simplificar tales datos, y hacer más fácil la labor de decisión ambiental (Velásquez & Armas, 2013)

Los índices son resultantes de valores derivados de la transformación de indicadores observados o predichos, se consideran como complejas transformaciones matemáticas de series de indicadores, en los cuales, los indicadores individuales son ponderados de acuerdo a su importancia en el sistema ambiental evaluado, toda la información contenida en los indicadores se puede resumir, de forma simplificada en unos pocos índices. En evaluación ambiental, estos índices se usan para:

- Resumir datos ambientales existentes / comparaciones
- Conocer la calidad del medio ambiente afectado.
- Evaluar la vulnerabilidad o susceptibilidad de un componente u elemento ambiental.
- Base para expresar los impactos
- Auditar los impactos de proyectos.
- Evaluar los impactos integrados, expresados como cambios de índices de calidad ambiental (ICA).
- Seleccionar alternativas de uso.

(Velásquez & Armas, 2013)

2.4 Índice de calidad del agua (ICA)

Hay diferentes índices de calidad ambiental, pero nos vamos a centrar en el índice de calidad del agua. Es el que mide la contaminación y que poseen como herramienta de empleo variables fisicoquímicas, tienen a su favor que la información resultante puede ser más fácilmente interpretada que una lista de valores numéricos, pues estos agrupan los elementos contaminantes más representativos como instrumento para determinar el deterioro de las aguas superficiales (Gonzales, Caicedo, & Aguirre, 2013)

La calidad del agua se mide de acuerdo con distintos parámetros mediante los cuales se cuantifica el grado de alteración de las cualidades naturales y se la clasifica para un uso determinado. El Índice de Calidad del Agua (ICA) indica el grado de contaminación del agua a la fecha del muestreo y está expresado como porcentaje del agua pura; así, agua altamente contaminada tendrá un cercano o igual a 0%, en tanto que el agua en excelentes condiciones tendrá un valor de este índice cercano al 100%. (V.L., H.D., Kohlmann, & Yeomans, 2012)

Tabla 4._ ICA como herramienta de evaluaciones de la calidad de agua Ventajas y Limitaciones

VENTAJAS	LIMITACIONES
Permiten mostrar la variación espacial y temporal de la calidad del agua.	Proporcionan un resumen de los datos
Método simple, conciso y válido para expresar la importancia de los datos generados regularmente en el laboratorio.	No proporcionan información completa sobre la calidad del agua
Útiles en la evaluación de la calidad del agua para usos generales.	No pueden evaluar todos los riesgos presentes en el agua
Permiten a los usuarios una fácil interpretación de los datos	Pueden ser subjetivos y sesgados en su formulación.
Pueden identificar tendencias de la calidad del agua y áreas problemáticas	No son de aplicación universal debido a las diferentes condiciones ambientales que presentan las cuencas de una región con otra
Mejoran la comunicación con el público y aumentan su conciencia de la calidad del agua	Se basan en generalizaciones conceptuales que no son de aplicación universal
Permiten priorizar para evaluaciones de calidad del agua más detalladas	Algunos científicos y estadísticos tienden a rechazar y criticar su metodología, lo que afecta a la credibilidad de los ICA como una herramienta para la gestión.
Ayudan en la definición de prioridades con fines de gestión	

Fuente: Programa de formación Iberoamericano en materia de aguas (Reolon, 2010)

2.5 Métodos para determinar el ICA

Existen algunos métodos para calcular el ICA, pero hablaremos solo de dos.

Se usará solo el Método NSF, resalta que es el índice más empleado en la valoración de la calidad de las aguas superficiales para consumo humano a nivel mundial. Hay que considerar que los índices NFS y el de Dinius se pueden adaptar y modificar de acuerdo con las condiciones prevalecientes en cada sistema acuático en particular. (Gonzales, Caicedo, & Aguirre, 2013)

2.5.1 Índice de la Fundación Nacional de Saneamiento (NSF)

El índice de Calidad de Agua, fue desarrollado en 1970 por la United States National Sanitation Foundation (NSF) de Estados Unidos, por medio del uso de la técnica de investigación Delphi de la “Rand Corporation’s”. Este índice utiliza nueve parámetros: Demanda biológica, Oxígeno Disuelto, Nitrato, Fosfato, Temperatura, Turbidez, Sólidos Totales, pH y Coliformes Fecales. (Effendi, Romanto, & Yusli, 2015)

El ICA fue desarrollado de acuerdo con las siguientes etapas: La primera consistió en crear una escala de calificación de acuerdo con los diferentes usos del agua. La segunda involucro el desarrollo de una escala de calificación para cada parámetro de tal forma que se estableciera una correlación entre los diferentes parámetros y su influencia en el grado de contaminación.

Después de que fueron preparadas estas escalas, se formularon los modelos matemáticos para cada parámetro, los cuales convierten los datos físicos en correspondientes índices de calidad por parámetro. Debido a que ciertos parámetros son más significativos que otros en su influencia en la calidad del agua, éste hecho se modeló introduciendo pesos o factores de ponderación (W_i) según su orden de importancia respectivo. Finalmente, los índices por parámetros son promediados a fin de obtener el ICA de la muestra de agua. (Wu, 2009)

Para el cálculo del ICA es la sumatoria de la multiplicación entre el subíndice del parámetro que en este caso es el Valor Q de las curvas de función y el peso ponderado del parámetro.

$$WQI_{NSF} = \sum W_i * L_i$$

Donde:

WQI_{NSF} = Índice de Calidad del Agua

W_i = Peso ponderado

L_i = Subíndice del parámetro

Tabla 5._ Peso ponderado

Parámetro	Peso ponderado
% Saturación de Oxígeno Disuelto	0.17
Demanda Bioquímica de Oxígeno	0.10
Diferencia Térmica	0.10
Coliformes Fecales	0.15
Nitratos	0.10
Turbidez	0.08
pH	0.12
Fosfatos	0.10
Sólidos Totales	0.08

Fuente: (Wu, 2009)

Tabla 6._ Criterio de Calidad del agua

ICA-NFS	Grado de calidad del Agua
0 – 25	Muy Mala
25 – 50	Mala
50 – 70	Media
70 – 90	Buena
90 – 100	Excelente

Fuente: (Wu, 2009)

Índice de Calidad de Agua NSF cuando falta un parámetro

A pesar de la fórmula estándar para calcular el Índice de Calidad de Agua da un buen resultado algunas veces es difícil obtener la concentración de los nueve parámetros debido

a diversos factores. Para superar este inconveniente, se puede aplicar una ecuación donde se pueda calcular el índice sin tener la concentración de todos los parámetros. En este caso cuando la concentración de algún parámetro no está disponible, primero calculamos el valor Q de todos los parámetros con que se cuenta y se los multiplica por el peso relativo de cada parámetro. La suma de esos valores son tomados y luego divididos para la suma de los pesos relativos de los parámetros con que se cuenta.

Se utiliza esta ecuación:

$$WQI_{MP} = \frac{\sum W_Y Q_Y}{\sum W_Y}$$

Donde:

Y= Parámetros disponibles

Q_Y = Valor Q de parámetros disponibles

W_y = Peso relativo de los Parámetros disponibles

Esta ecuación da un resultado casi cercano al obtenido con la ecuación estándar. Esto significa que todos los nueve parámetros están disponibles se obtendrá casi el mismo resultado como si se calcula con la ausencia de un parámetro.

(Srivastava & Kumar, 2013)

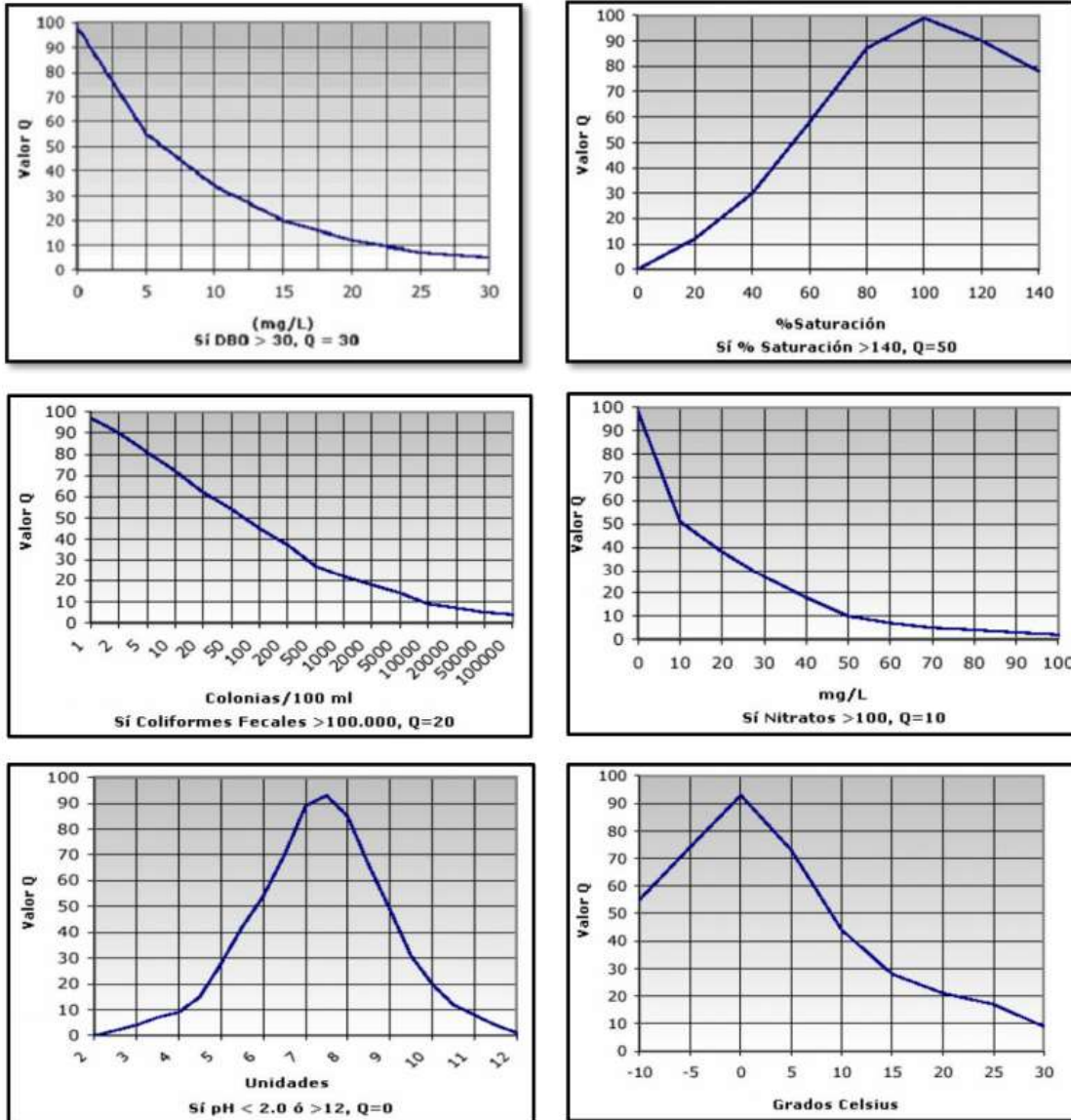
También se puede realizar lo siguiente: Si dos variables faltan, el valor total del índice puede ser calculado por la distribución de su peso entre las demás variables y se procede a calcular nuevamente. Por ejemplo, si los Nitratos y los Fosfatos no se pudieron evaluar, sus pesos 0.10 y 0.10 respectivamente suman 0.20, que será dividido entre 7 lo que dará 0.028, que se suma a cada uno de los factores de ponderación y a continuación se procede normalmente, y se obtiene un índice de calidad de agua. (Pamplona, 2010)

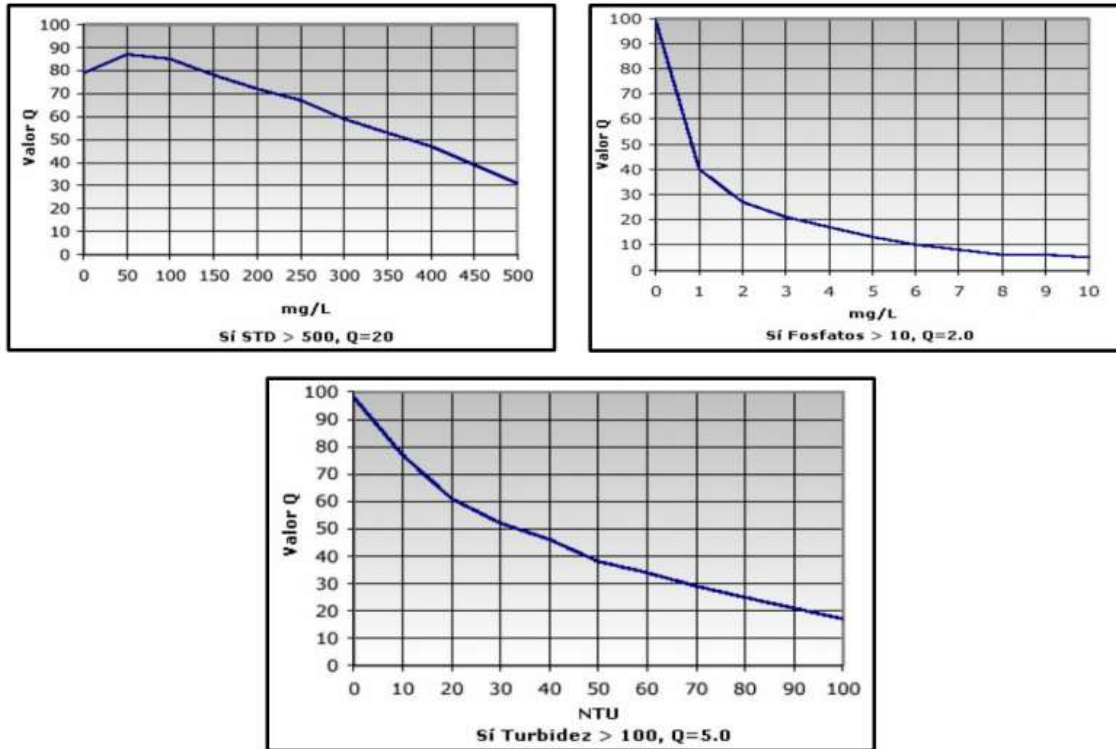
Curvas de función para el NSF

Los investigadores promediaron todas las curvas para producir, de la misma manera, una curva promedio para cada contaminante. Luego las curvas fueron graficadas a través del

uso de la media aritmética con un límite de confianza del 80% sobre este valor medio. Límites de confianza cercanos a la media representaba un contaminante variable, hecho que se verificaba en los estudios, mientras que límites de confianza amplios representaba desacuerdos entre las respuestas. (Pamplona, 2010)

Ilustración 3._ Curvas de función para los diferentes parámetros del índice NSF





Fuente: (Pamplona, 2010)

2.5.2 Índice de Dinius

Usando el método Delphi de encuestas (creado con el objeto de integrar efectivamente las opiniones de expertos y eliminar las desventajas colaterales de un proceso de comité), agrupó a un panel de expertos en cuestiones ambientales y diseño, a partir de la evaluación e interacción de ellos. Es un ICA de tipo multiplicativo y con asignación de pesos específicos por parámetro a este se lo llamó el índice Dinius. (Vizcaíno, 2009)

El índice de calidad del agua Dinius está conformado por nueve variables fisicoquímicas y dos microbiológicas. El Índice Dinius tiene en cuenta otros usos, como son agricultura, pesca y vida acuática, industrial y recreación. (Gonzales, Caicedo, & Aguirre, 2013)

Dinius hizo un intento por diseñar un sistema de contabilidad social rudimentaria que midiera los costos y el impacto de los esfuerzos de control de la contaminación y se aplica ese índice a título ilustrativo a los datos de varios arroyos en Alabama, EEUU. Los subíndices del Índice de Dinius fueron desarrollados a partir de una revisión de la literatura científica publicada. Dinius examinó la calidad del agua descrita por diversas autoridades y diferentes niveles de variables contaminantes, y a partir de esta información genera 11 ecuaciones subíndice. El índice se calcula como la suma ponderada de los subíndices, como el índice de Horton, y la versión de aditivo de la NSF. (Castro, Almeida, Ferrer, & Daissy, 2014)

Fuente: (Castro, Almeida, Ferrer, & Daissy, 2014)

Tabla 7._ Subíndice de Dinius

Parámetros		Subíndice
1.	Oxígeno Disuelto (%)	$I_1=x$
2.	Demanda Bioquímica (mg/l)	$I_2=107x^{-0.642}$
3.	Coliformes totales (MPN/100ml)	$I_3=100(x)^{-0.3}$
4.	Coliformes fecales	$I_4=100(5x)^{-0.3}$
5.	Conductividad ($\mu\text{mho/cm}$)	$I_5=535x^{-0.3565}$
6.	Cloruros (mg/l)	$I_6=125.8x^{-0.207}$
7.	Dureza (CaCO_3 , ppm)	$I_7=10^{1.974-0.00132x}$
8.	Alcalinidad	$I_8=108x^{-0.178}$
9.	pH	$I_9=10^{0.2335+0.44}$, $x<6.7$ $I_{10}=100$, $6.7\leq x\leq 7.58$ $I_{11}=10^{4.22-0.293x}$, $x>7.58$
10.	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	$I_{12}=-4(x_a-x_s)+112$, $X_a=\text{actual temp}$, $x_s=\text{std. Temp}$
11.	Color	$I_{13}=128x^{-0.288}$

Planteó un ICA conformado por nueve por nueve variable fisicoquímicas y dos microbiológicas

$$WQI = \frac{1}{21} \sum_{i=1}^n w_i I_i$$

Donde I, es el subíndice de la variable y W_i es el peso ponderado para el subíndice i. Los pesos varían de 0.5 a 5.0 en una escala básica de importancia. En ésta escala 1, 2, 3, 4, y 5 denotan respectivamente muy poca, poca, media, importante, muy importante. La suma de los pesos es 21, el cual es el denominador de la ecuación del índice. (Abbasi & Abbasi, 2012)

Tabla 8._ Pesos ponderados de cada variable para el Índice Dinius

Parámetro	Peso ponderado
% Saturación de Oxígeno Disuelto	5.0
Temperatura	2.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	2.0
Cloruros	0.5
Coliformes Fecales	4.0
Coliformes Totales	3.0
Conductividad eléctrica	1.0
Alcalinidad total	0.5
pH	1.0
Color	1.0
Dureza	1.0

Fuente: (Abbasi & Abbasi, 2012)

Tabla 9._ *Uso recreativo, Índice Dinius*

Calificación	Criterio
70-100	E - Cualquier tipo de deporte acuático
50-70	A –Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias
40-50	LC –Dudosa para contacto con el agua
30-40	C –Evitar contacto sólo con lanchas
20-30	FC –Contaminación visible, evitar cercanía
0-20	EC –Inaceptable para recreación

Tabla 10._ *Uso como agua potable, Índice Dinius*

Calificación	Criterio
90-100	E-No requiere purificación para consumo
80-90	A- Purificación menor requerida
70-80	LC-Dudoso su consumo sin purificación
50-70	C - Tratamiento potabilizador necesario
40-50	FC – Dudosa para consumo
0-40	EC – Inaceptable para consumo

Tabla 11._ *Uso en pesca y vida acuática, Índice Dinius*

Calificación	Criterio
70-100	E –Pesca y vida acuática abundante
60-70	A -Límite para peces muy sensitivos
50-60	LC -Dudosa la pesca sin riesgos de salud
40-50	C -Vida acuática limitada a especies muy resistentes
30-40	FC -Inaceptable para actividad pesquera
0-30	EC -Inaceptable para vida acuática

Tabla 13._ *Uso en agricultura, Índice Dinius*

Calificación	Criterio
90-100	E-No requiere purificación para riego
80-90	A - Purificación menor para cultivos que requieran de alta calidad de agua
70-80	LC- Utilizable en mayoría de cultivos
50-70	C - Tratamiento requerido para la mayoría de cultivos
40-50	FC – Uso solo en cultivos muy resistentes
0-40	EC – Inaceptable para riego

Tabla 12._ *Uso industrial, Índice Dinius*

Calificación	Criterio
90-100	E-No se requiere purificación
70-90	A - Purificación menor para industrias que requieran alta calidad de agua para operación
50-70	LC – No requiere tratamiento para mayoría de industrias de operación normal
30-50	C - Tratamiento para mayoría de usos
20-30	FC – Uso restringido en actividades burdas
0-20	EC – Inaceptable para cualquier industria

CAPÍTULO 2

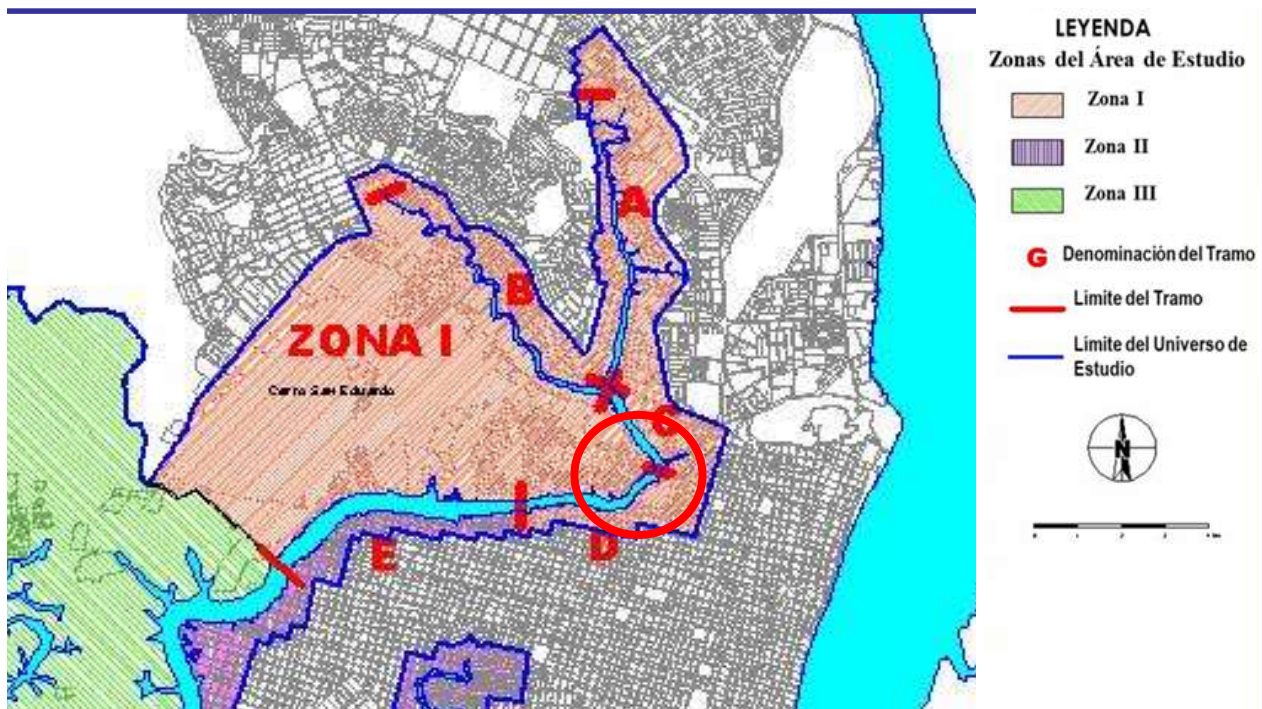
3. METODOLOGÍA

3.1 Localización del sitio de estudio

La presente investigación que se realizó en el Estero Salado de la ciudad de Guayaquil, específicamente en el tramo desde el puente del Velero hasta el muelle de la escuela de canotaje tiene un tramo aproximado de 600 metros longitudinalmente y a lo ancho tiene un aproximado de 130 metros.

Se realizaron los ensayos en la zona 1 específicamente entre el tramo D y C

Ilustración 4._ Zona 1, Estero Salado



Fuente: LAHMEYER, 1998

3.3 Materiales y Métodos

Se presentan a continuación los materiales y métodos usados por cada parámetro a realizar.

Tabla 15._ Materiales, equipos y reactivos

Parámetros	Materiales	Equipo	Reactivos
pH	Agua destilada	Equipo de Multiparámetros, sondas	
	Vasos de precipitación		
	Guantes desechables		
	Mascarilla		
	Mandil		
	Envase plástico rotulado		
Temperatura (°C)	Agua destilada	Equipo de Multiparámetros, sondas	
	Vasos de precipitación		
	Guantes desechables		
	Mascarilla		
	Mandil		
	Envase plástico rotulado		
Sólidos totales (g/L)	Agua destilada	Equipo de Multiparámetros, sondas	
	Vasos de precipitación		
	Guantes desechables		
	Mascarilla		
	Mandil		
	Envase plástico rotulado		
Coliformes Fecales (UFC)	Agua destilada	Equipo de Método de filtración por membrana	Medio de cultivo M-FC con ácido risólico de millipore
	Vasos de precipitación		
	Guantes desechables		
	Mascarilla		
	Envase plástico rotulado	Gramera	Agua de Peptona (Tamponada) Merck, granulada según ISO 6579
	Pipetas		
	Caja de Petri en polímero de milipore, 47mm		
	Mechero de alcohol		
	Papel filtro, 47mm		
	Matraz		
	Probetas		
	Pinzas		
	Soga		
	GPS satelital portátil		

Parámetros	Materiales	Equipo	Reactivos
Oxígeno Disuelto (%)	Agua destilada	Equipo de Multiparámetros	
	Vasos de precipitación		
	Guantes desechables		
	Mascarilla		
	Mandil		
	Envase plástico rotulado		
Turbidez (NTU)	Agua destilada	Equipo para analizar la turbidez	
	Vasos de precipitación		
	Guantes desechables		
	Mascarilla		
	Mandil		
	Envase plástico rotulado		
DBO₅	Envase plástico rotulado	Equipo de Multiparámetros, sondas y GPS	Ácido Glutámico más glucosa
	Pipetas		Semilla (agua residual)
	Probetas		Nutrientes para DBO
	Botella de vidrio de borosilicato con labio acampanado y tapón de vidrio		
	Agua destilada		

Fuente: Elaboración propia

Todos los ensayos de laboratorio se realizaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No.19,1995

Tabla 16._ Métodos y Equipos utilizados para los ensayos de laboratorio

Parámetro	Método	Equipo
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Método de lectura	Equipo Multiparámetro HQ 40d Sonda LDO
Coliformes Fecales	Técnica de filtración por membrana	Agar Cromocoult/Kovacs
Turbidez	Método Colorimétrico	Equipo Turbidímetro 2100Q
%Saturación de Oxígeno Disuelto	Medición Directa	Equipo Multiparámetro HQ 40d
Diferencia Térmica		
pH		
Sólidos Disueltos Totales		

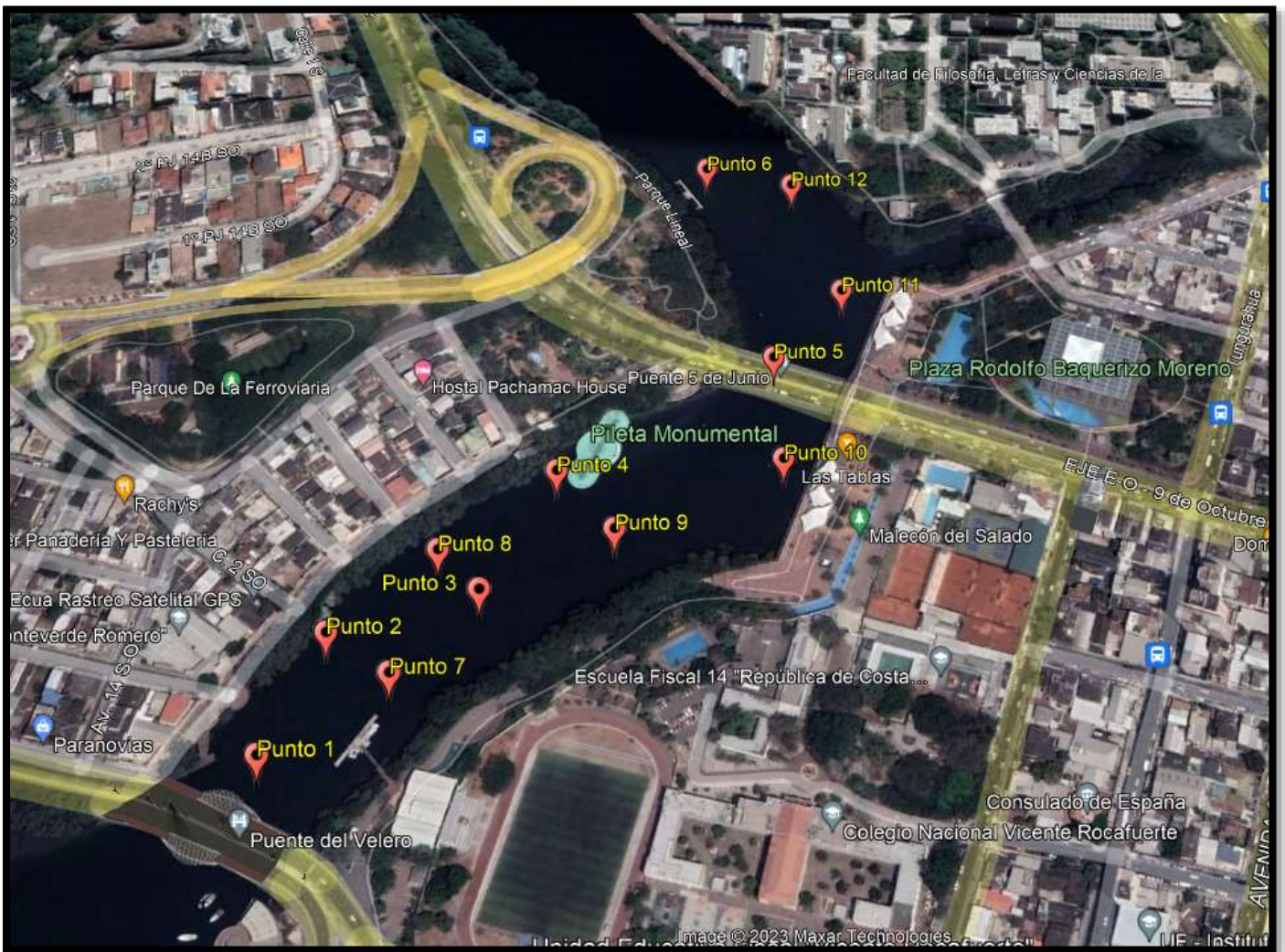
3.4 Estaciones de muestreo

Se procederá a la recolección de las muestras especificadas anteriormente para posteriores análisis y así sacar datos que nos permitan evaluar cuáles son las condiciones físico-químicas y bacteriológicas de ese tramo del estero.

Los puntos escogidos para la toma de muestra están georreferenciados con la ayuda de imágenes satelitales y con ayuda de un GPS portátil, se procederá a recolectar las muestras, tomando en cuenta que utilizaremos el GPS portátil para tener una mayor precisión al momento de obtener las muestras y tener evidencia de que si se tomaron en los puntos especificados.

Para su identificación se les asignaron códigos y nombres a los puntos de referencia:

Ilustración 5_ Puntos de muestreo



Fuente: Proporcionado por Google Earth

Coordenada de los puntos

Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte
1	622193	9758030
2	622221	9758106
3	622300	9758149
4	622349	9758216
5	622483	9758301
6	622433	9758455

Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte
7	622262	9758081
8	622281	9758161
9	622388	9758176
10	622491	9758226
11	622527	9758354
12	622492	9758442

3.5 Metodología Experimental

Las muestras obtenidas fueron tomadas durante marea baja, en un día soleado a las 3 de la tarde el horario de la toma de la muestra variaba según las fluctuaciones de la marea baja, esto variaba cada día por medio de la carta náutica. Esta información fue proporcionada por el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR).

Para poder obtener las muestras se tuvo que alquilar botes en el muelle del Velero, de ahí se movilizó hasta el punto donde se tenía que tomar las muestras, estando ahí, se procedió a sumergir un envase plástico adaptado para recolectar la muestra y una vez con la muestra se las colocó en un estuche para su transportación y una vez hecho eso, se procedió a llevarla al laboratorio, para su posterior análisis físico-químico y bacteriológico y poder compararlo con los criterios de calidad para aguas destinadas a fines recreativos mediante contacto secundario, según tabla 7 del Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente, Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua. (Ver Tabla 16)

Tabla 17._ Criterios de calidad de aguas para fines recreativos mediante contacto secundario.

Parámetro	Expresado como	Unidad	Criterio de calidad
Parásitos nemátodos intestinales			Ausencia
Coliformes totales	NMP	NMP/100 ml	4000
Oxígeno disuelto	OD	% de saturación	>80
Potencial de Hidrógeno		pH	6-9
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Grasas y aceites	Película visible		Ausencia
Materia flotante	Visible		Ausencia
Relación Nitrógeno- Fósforo total			15:1

Fuente: TULSMA 2015

Los análisis que se realizaran son 9 (pH, Oxígeno disuelto, DBO₅, coliformes fecales, temperatura, turbidez, sólidos totales, nitratos y fosfatos), todos estos análisis fueron realizados en el laboratorio, ya que, análisis como el pH, turbidez y temperatura se las puede realizar en el mismo sitio del muestreo, pero los equipos son muy delicados y llevarlos al sitio de toma de la muestra, significaría tomar muchos riegos, por lo que, no estaremos en suelo firme, si no, en los botes. Por eso, se tomó la decisión de hacer todos los análisis en el laboratorio.

El tiempo que duro el proceso de recolección de las muestras, fue alrededor de una hora aproximadamente, la toma de la muestra era un poco compleja, ya que, las muestras se tomaban en contra corriente, al momento de las tomas de las muestras, la profundidad del estero en marea también variaba según el día, la variación de profundidad en baja mar estaba entre 20cm y 50cm.

Las muestras fueron extraídas en un envase plástico de 500ml rotulado, con el fin de obtener resultados sin ningún tipo de alteraciones, según los parámetros de la norma técnica ecuatoriana. (INEN, 2013)

3.6 Muestras 1-12

Antes de realizar la toma de las 12 muestras y realizarles todos los debidos análisis, se fue al Estero hacer y se tomaron muestras para realizar un análisis solo de coliformes y tener un registro e imaginar cómo sería la tendencia bacteriológica del tramo del Estero que se va a estudiar. Esas tomas de muestras se realizaron el 26 de enero, como ya se

indico era bajamar, alrededor de las 4pm, fue un día bastante soleado, y se pudo apreciar que en bajamar, el Estero desprendía un mal olor muy fuerte, la presencia de basura era muy notoria en las raíces de los manglares, y el color del agua era verdosa y turbia, se pudo apreciar que se hace canotaje a esa hora, y también las personas que hacen este tipo de deportes tienen contacto directo con el agua, porque en ese deporte son muy propensos a caerse, se pudo visualizar a personas que se caían del bote y optaban por nadar al muelle, un tramo corto cabe resaltar, pero evidencia de que hay personas que si tienen contacto con el agua del Estero.

Cuando se recolectaron las 12 muestras a 1,2m de profundidad a contracorriente, se debe aclarar que primero se tomaron 6 muestras el día 8 de febrero y las otras 6 muestras fueron tomadas el día 10 de febrero, aclaro que entre el día 8 y 10 no hubo las mismas condiciones climáticas, ya que el 8 de febrero la temperatura máxima fue de 31°C en la tarde, y las 6 muestras fueron tomadas a las 3:30pm, había bastante corriente en bajamar y el agua se mantenía bastante turbia y el mal olor que siempre resaltaba en el lugar, pero es muy diferente al día 10 de febrero, ya que las condiciones climáticas fueron diferentes, porque el día anterior hubo una precipitación de agua, y se pudo presenciar en el agua del Estero, por lo que, el agua estaba menos turbia, ósea que se notó una agua más clara al momento de coger la muestra, y en los resultados bacteriológicos.

Las muestras fueron tomadas a lo largo del tramo, seis muestras fueron tomadas a lo largo de la orilla y otras seis muestras fueron tomadas a lo largo del centro del tramo del Estero. Al recolectar estas muestras, procedimos a llevarlas al laboratorio, donde se procedió a colocarlas sobre un vaso precipitado, para tener una mayor facilidad de realizarles el análisis correspondiente, el primer análisis que se procedió a realizar fue el de coliformes fecales, esta prueba se hace con diluciones, eso se hace para disminuir el contenido de coliformes, ya que si se lo trabaja, tal cual, si no los resultados saldrían sobresaturados y no se pudiera realizar el conteo de cuantos coliformes hay en cada muestra, para las 12 muestras, se hizo 4 disoluciones, para después pasarlos por un pape filtro y después meterlos al horno a una temperatura de 44 C y finalmente después de 24 horas proceder a ver los resultados (Pino Sergio, 2020). El DBO5 también, tiene un procedimiento, un poco complejo, se usa botellas con un recubriendo de plástico negro para que no entre la luz y así pueden reproducirse los microorganismos. Se necesita agua residual y un agua de nutrientes que tiene diferentes químicos para que los microorganismos que se

encuentran en las muestras puedan metabolizar gran parte de la materia orgánica biodegradable y esto requiere un consumo de oxígeno.

Y por último, los demás parámetros se los realiza con el equipo Multiparámetros, es una máquina con sondas, donde con un vaso precipitado, se coloca un poco de la muestra y ahí se limpia la sonda con agua destilada, para colocarla en el vaso precipitado con un poco de la muestra, para su análisis, después de unos minutos, los resultados aparecerán en la pantallita que tiene el Multiparámetros, para su lectura y saber cómo se encuentra el agua que se analizó.

Ilustración 6._ Preparación de los reactivos para el análisis



Después de analizar todos los parámetros, se procedía a determinar los resultados con el ICA para saber qué tipo de agua tiene el Estero, es portante resaltar que después de realizar el análisis hay que desinfectar el laboratorio, también se desechaba los residuos de muestra y posterior limpieza de cada aparato y recipiente utilizado.

3.7 Análisis Metodológico

Para determinar los cálculos del ICA, se va a utilizar el Índice de Calidad de Agua (NSF). Se usarán solo 7 parámetros para los cálculos realizados a continuación (pH, coliformes fecales, oxígeno disuelto, DBO₅, temperatura, turbidez, sólidos disueltos totales). Como son 7 parámetros y no los 9 se procede a usar un artificio para la ponderación del peso de

cada parámetro, como lo dice (Pamplona 2010) Si dos variables faltan, el valor total del índice puede ser calculado por la distribución de su peso entre las demás variables y se procede a calcular nuevamente. Luego se multiplica el peso con el valor L_i que se saca de las curvas del NSF y se obtienen los resultados del ICA. Con los resultados del ICA obtenidos de cada punto se va a realizar un promedio entre todos los puntos para así determinar la calidad del agua mediante la tabla de los criterios de calidad del agua del Índice NSF. Y por último vamos a comparar los resultados con la normativa ambiental del TULSMA 2015

CAPÍTULO 3

A continuación, se presentarán los resultados obtenidos en las diferentes muestras del Estero Salado

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se obtuvieron 18 muestras del Estero Salado, se consideró que el nivel del mar sea bajo por su mayor concentración de contaminación. Las muestras fueron recogidas de manera longitudinal cada 100 metros y distribuidas a lo ancho del Estero Salado para una mayor amplitud de resultados.

Las primeras 6 muestras (punto 1 al 6) se hizo un monitoreo de 2 veces. Y las otras 6 muestras (punto 7 al 12) una vez.

Muestreo 1. Fecha: 26/1/2023

Tabla 18._ Resultados de los Análisis físico-químicos del Muestro 1

Parámetros	Puntos de monitoreo					
	1	2	3	4	5	6
pH	7.53	7.56	7.61	7.71	7.75	8.38
Temperatura (°C)	27.4	27	26.8	26.9	27	27.2
Sólidos Disueltos totales (mg/L)	17180	17140	16670	16740	16610	15990
Coliformes Fecales (NMP/100ml)	2*10 ⁵	2*10 ⁵	2*10 ⁵	4*10 ⁵	1*10 ⁵	-
Oxígeno Disuelto (%)	75.4	77.5	67.5	63.9	63.4	47.6
Turbidez (NTU)	15.6	17.2	17.4	62.8	17.6	21

Fuente: Elaboración propia

Muestreo 2. Fecha: 08/2/2023

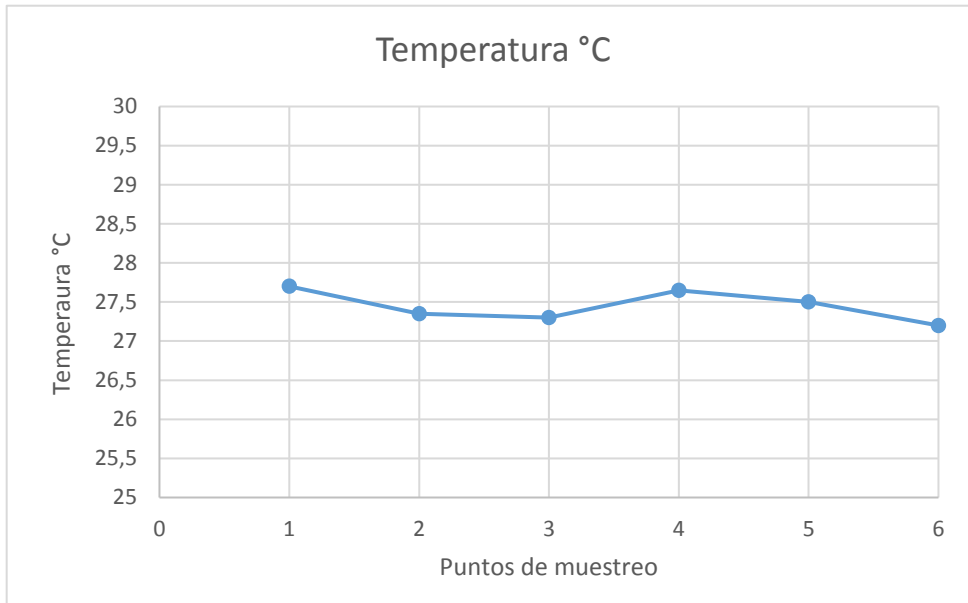
Tabla 19._ Resultados de los análisis físico-químicos del Muestro 2

Parámetros	Puntos de monitoreo					
	1	2	3	4	5	6
pH	7.07	7.17	7.29	7.23	7.23	8.38
Temperatura (°C)	28	27.7	27.8	28.4	28	27.2
Sólidos Disueltos totales (mg/L)	16430	16000	15720	15720	16640	15880
Coliformes Fecales (NMP/100ml)	42*10 ⁴	66*10 ⁴	48*10 ⁴	72*10 ⁴	16*10 ⁴	68*10 ⁴
Oxígeno Disuelto (%)	52.1	65.8	74.8	66.5	50.8	56.5
Turbidez (NTU)	24.8	241	17.3	23.7	24.2	25.9
DBO ₅ (mg/L)	11.1	10.2	8.4	11.2	10.8	11.5

Fuente: Elaboración propia

Los dos muestreos se obtuvieron en el mismo sitio, por ello se realizó un promedio en la mayoría de los parámetros, ya que eran muy similares, y poder diseñar las siguientes gráficas.

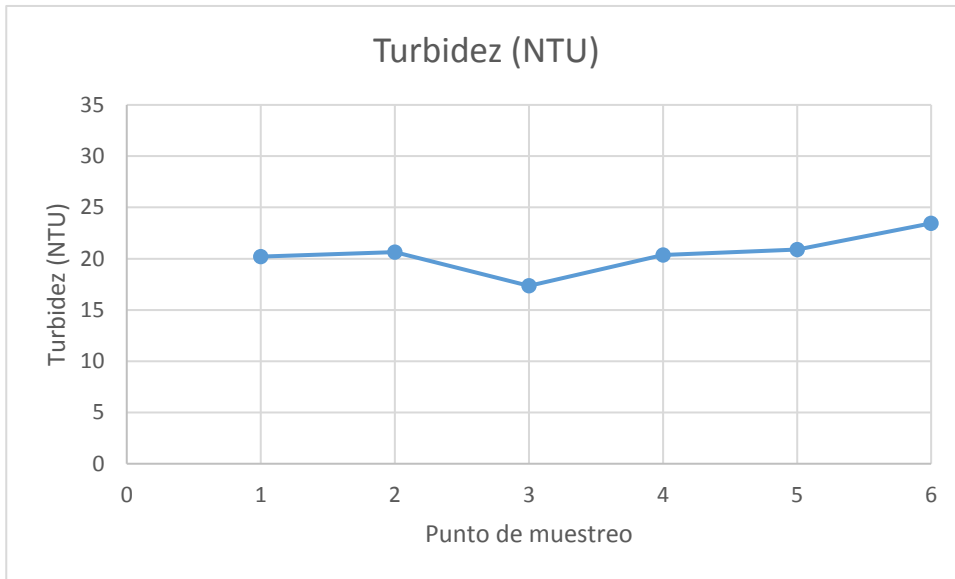
Ilustración 7._ Resultados de la Temperatura



TEMPERATURA

Al momento del analizar la temperatura se puede observar que la muestra 3 es la más baja con 27,2 C y la más alta es la primera muestra con 27,7 C, la toma de la muestra fue realizado en bajamar alrededor de las 4 pm, en época estacional de invierno, se contaba con un sol intenso, Guayaquil es una ciudad muy calurosa, donde las aguas más profundas del estero tienen temperatura más bajas provocando la concentración de oxígeno disuelto y de partículas suspendidas, disminuyendo la salinidad en la superficie produciendo la estratificación.

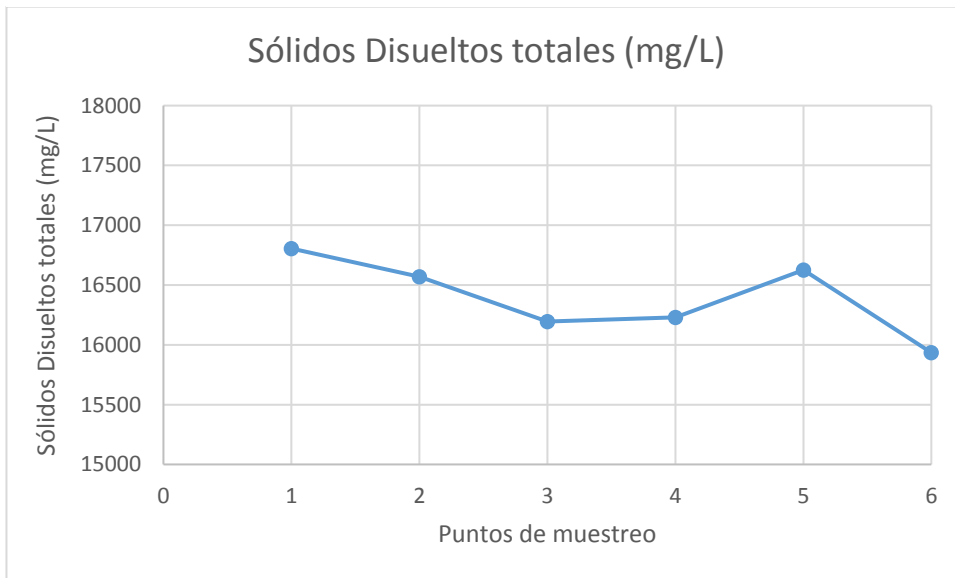
Ilustración 8._ Resultados de la Turbidez



TURBIDEZ

El análisis de la turbidez es para ver si la luz pasa por los sólidos suspendidos que se encuentran flotando en el agua, las muestras que tomamos en bajamar nos dio un valor máximo de 23,45 NTU y el mínimo de 17,35 NTU.

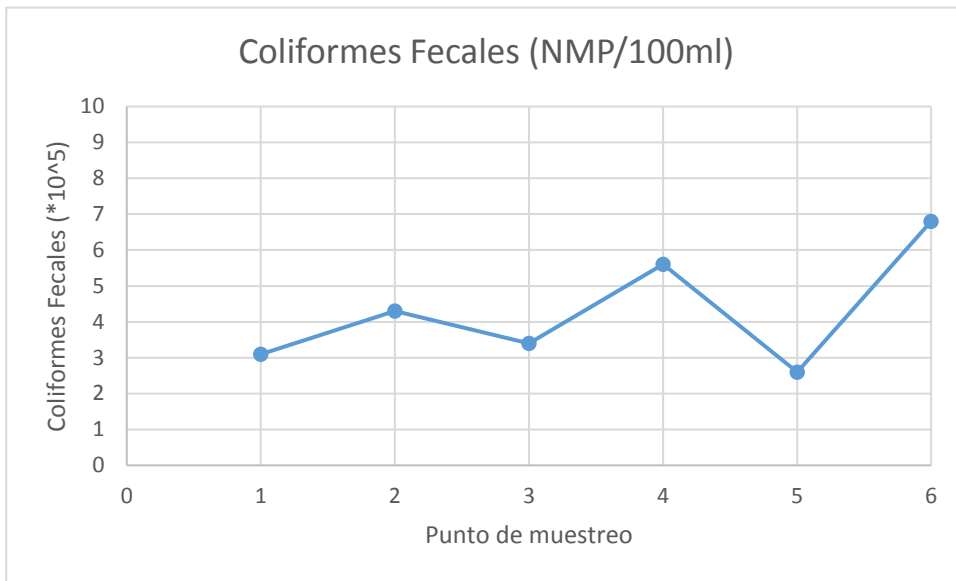
Ilustración 9._ Resultados de los Sólidos Disueltos Totales



SOLIDOS TOTALES

Es esta prueba los sólidos totales estaba alrededor de 16805 mg/L el más alto y el más bajo en 15935 mg/L.

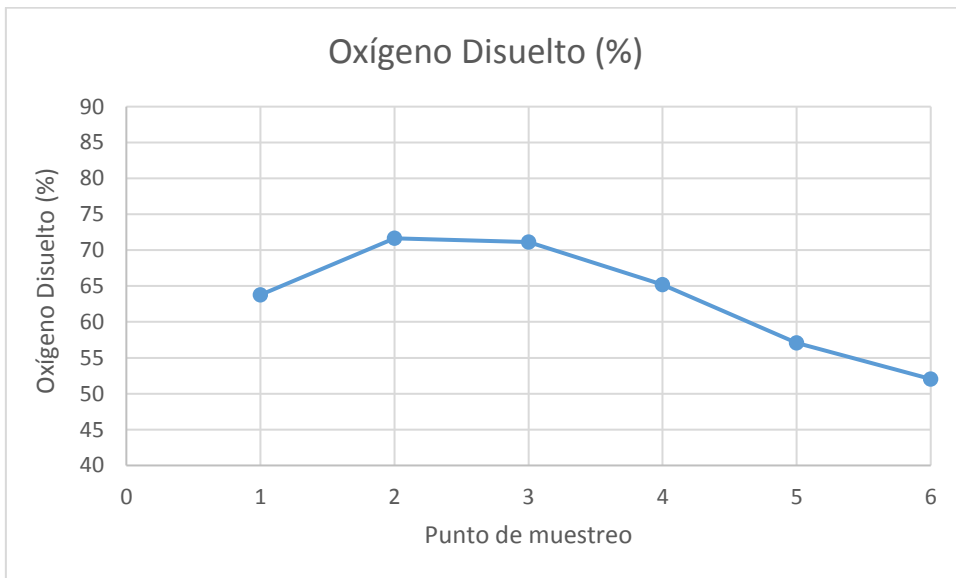
Ilustración 10._ Resultados de Coliformes Fecales



COLIFORMES FECALES

En este parámetro los resultados fueron de 4×10^5 UFC en la muestra 4 y en la muestra 6 hubo $6,8 \times 10^5$ UFC

Ilustración 11._ Resultados del Oxígeno Disuelto

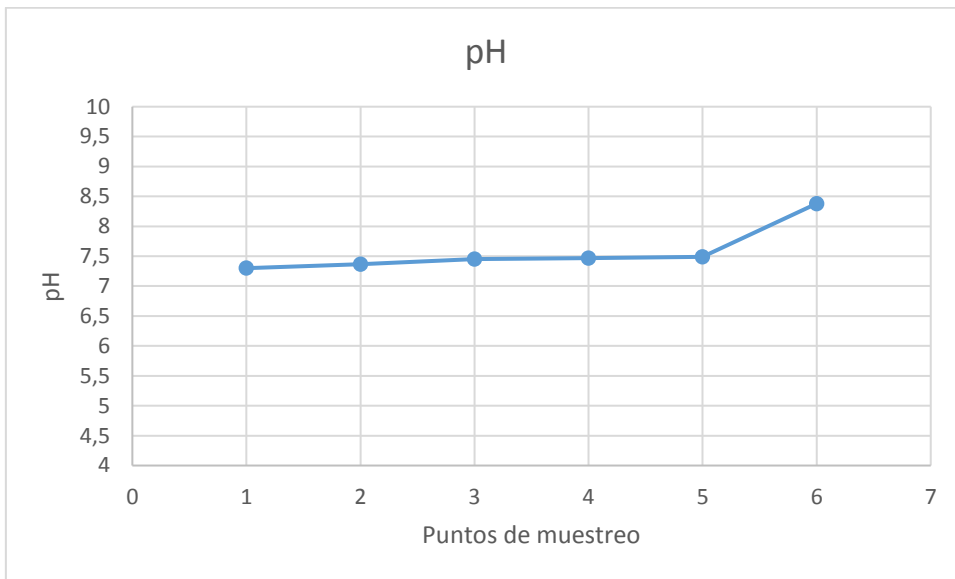


OXIGENO DISUELTO

Los resultados fueron de un 71,65% en la muestra dos que fue la más alta y un 52,05% en la muestra 6 donde fue la más baja, de esto depende mucho la salud de un estero,

principalmente para la vida acuática y el uso de personas. Según la (Tabla 16) no cumple con los criterios de calidad ambiental ya que el oxígeno disuelto debe ser mayor al 80%

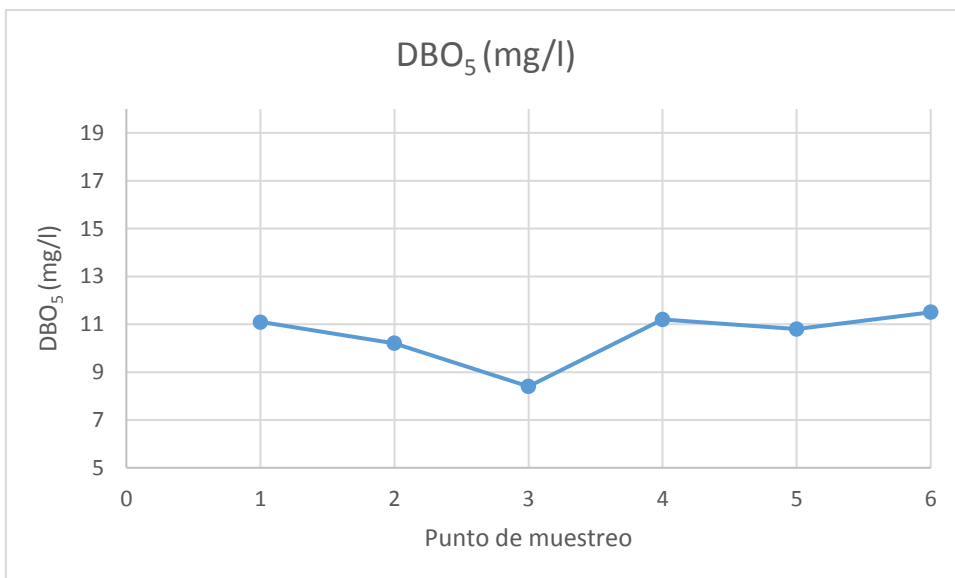
Ilustración 12._ Resultados del pH



pH

Según los resultados el agua del Estero en este tramo está en un pH de 8,38 en la muestra 6 y un pH de 7,3 en la muestra 1.

Ilustración 13._ Resultados del DBO5



DBO₅

El DBO más bajo es de la muestra 3 con 8,4 mg/l y el más alto es el punto 6 con 11,5 mg/l. Mientras mayor sea la concentración de DBO menor es la cantidad de oxígeno disponible para la vida acuática.

Una vez obtenidas los resultados, se toma en cuenta muchos factores para tener resultados veraces como: control y manejo de las muestras, condiciones adecuadas para obtener la muestra, limpieza adecuada de los instrumentos que se encuentran en el laboratorio para su posterior uso. Se analizaron siete parámetros (pH, temperatura, sólidos totales, coliformes fecales, oxígeno disuelto, turbidez y DBO₅)

Muestreo 3. Fecha: 10/02/2023

Tabla 20._ Resultados de los análisis físico-químicos de las muestras

Parámetros	Puntos					
	7	8	9	10	11	12
pH	7.67	7.27	7.24	7.17	7.18	7.22
Temperatura (°C)	27.5	27	27	26.8	26.9	27.1
Sólidos Disueltos totales (mg/L)	4500	4500	3940	3940	3840	2960
Coliformes Fecales (NMP/100ml)	45*10 ⁴	25*10 ⁴	25*10 ⁴	20*10 ⁴	16*10 ⁴	10*10 ⁴
Oxígeno Disuelto (%)	84.9	80.9	76.7	73.9	76.8	78.4
Turbidez (NTU)	8.25	9	8.09	9.04	9.41	8.25
DBO ₅	6.8	6.5	6	6.4	6.3	5.8

Fuente: Elaboración propia

4.1 Determinación del ICA

En el muestro 1 no se realizó el cálculo del ICA por motivo de que faltaban más de dos parámetros. A continuación se mostraran los resultados del ICA mediante el Método (NSF)

4.1.1 Muestreo 2. Fecha: 08/02/2023

Tabla 21._ Tablas de los cálculos del ICA del Muestreo 2

Punto 1					
Parámetro	Unidades	Valor	Wi	Li	Wi * Li
pH	(pH)	7.07	0.15	90	13.37
Temperatura	(°C)	28	0.13	14	1.80
Sólidos Disueltos totales	(mg/L)	16430	0.11	20	2.17
Coliformes Fecales	(NMP/100ml)	42*10 ⁴	0.18	20	3.57
Oxígeno Disuelto	(% de Saturación)	52.1	0.20	45	8.94
Turbidez	(NTU)	24.8	0.11	58	6.30
DBO ₅	(mg/L)	11.1	0.13	30	3.86
				ICA	40.00

El valor del ICA en el punto 1 es de 40. Según el criterio de calidad del agua del método (NSF) la calidad del agua es MALA.

Punto 2					
Parámetro	Unidades	Valor	Wi	Li	Wi * Li
pH	(pH)	7.17	0.15	91	13.52
Temperatura	(°C)	27.7	0.13	14	1.80
Sólidos Disueltos totales	(mg/L)	16000	0.11	20	2.17
Coliformes Fecales	(NMP/100ml)	66*10 ⁴	0.18	20	3.57
Oxígeno Disuelto	(% de Saturación)	65.8	0.20	65	12.91
Turbidez	(NTU)	24.1	0.11	59	6.41
DBO ₅	(mg/L)	10.2	0.13	34	4.37
				ICA	44.75

El valor del ICA en el punto 2 es de 44,75. Según el criterio de calidad del agua del método (NSF) la calidad del agua es MALA.

Punto 3					
Parámetro	Unidades	Valor	Wi	Li	Wi * Li
pH	(pH)	7.29	0.15	92	13.67
Temperatura	(°C)	27.8	0.13	14	1.80
Sólidos Disueltos totales	(mg/L)	15720	0.11	20	2.17
Coliformes Fecales	(NMP/100ml)	48*10 ⁴	0.18	20	3.57
Oxígeno Disuelto	(% de Saturación)	74.8	0.20	74	14.69
Turbidez	(NTU)	17.3	0.11	68	7.38
DBO ₅	(mg/L)	8.4	0.13	40	5.14
				ICA	48.43

El valor del ICA en el punto 3 es de 48,43. Según el criterio de calidad del agua del método (NSF) la calidad del agua es MALA.

Punto 4					
Parámetro	Unidades	Valor	Wi	Li	Wi * Li
pH	(pH)	7.23	0.15	92	13.67
Temperatura	(°C)	28.4	0.13	14	1.80
Sólidos Disueltos totales	(mg/L)	15720	0.11	20	2.17
Coliformes Fecales	(NMP/100ml)	72*10 ⁴	0.18	20	3.57
Oxígeno Disuelto	(% de Saturación)	66.5	0.20	65	12.91
Turbidez	(NTU)	23.7	0.11	61	6.62
DBO ₅	(mg/L)	11.2	0.13	30	3.86
				ICA	44.60

El valor del ICA en el punto 4 es de 44,6. Según el criterio de calidad del agua del método (NSF) la calidad del agua es MALA.

Punto 5					
Parámetro	Unidades	Valor	Wi	Li	Wi * Li
pH	(pH)	7.23	0.15	92	13.67
Temperatura	(°C)	28	0.13	14	1.80
Sólidos Disueltos totales	(mg/L)	16640	0.11	20	2.17
Coliformes Fecales	(NMP/100ml)	16 [^] *10 ⁴	0.18	20	3.57
Oxígeno Disuelto	(% de Saturación)	50.8	0.20	40	7.94
Turbidez	(NTU)	24.2	0.11	59	6.41
DBO ₅	(mg/L)	10.8	0.13	33	4.24
				ICA	39.80

El valor del ICA en el punto 5 es de 39,8. Según el criterio de calidad del agua del método (NSF) la calidad del agua es MALA

Punto 6					
Parámetro	Unidades	Valor	Wi	Li	Wi * Li
pH	(pH)	8.38	0.15	79	11.74
Temperatura	(°C)	27.2	0.13	14	1.8
Sólidos Disueltos totales	(mg/L)	15880	0.11	20	2.17
Coliformes Fecales	(NMP/100ml)	68*10 ⁴	0.18	20	3.57
Oxígeno Disuelto	(% de Saturación)	56.5	0.20	50	9.93
Turbidez	(NTU)	25.9	0.11	58	6.30
DBO ₅	(mg/L)	11.5	0.13	31	3.99
				ICA	39.49

El valor del ICA en el punto 6 es de 39,49. Según el criterio de calidad del agua del método (NSF) la calidad del agua es MALA

4.1.2 Muestreo 3. Fecha: 10/02/2023

Tabla 22._ Tablas de los cálculos del ICA del Muestreo 3

Punto 7					
Parámetro	Unidades	Valor	Wi	Li	Wi * Li
pH	(pH)	7.67	0.15	90	13.37
Temperatura	(°C)	27.5	0.13	14	1.80
Sólidos Disueltos totales	(mg/L)	4500	0.11	20	2.17
Coliformes Fecales	(NMP/100ml)	45*10 ⁴	0.18	20	3.57
Oxígeno Disuelto	(% de Saturación)	84.9	0.20	90	17.87
Turbidez	(NTU)	8.25	0.11	86	9.34
DBO ₅	(mg/L)	6.8	0.13	48	6.17
				ICA	54.29

El valor del ICA en el punto 7 es de 54,29. Según el criterio de calidad del agua del método (NSF) la calidad del agua es MEDIA

Punto 8					
Parámetro	Unidades	Valor	Wi	Li	Wi * Li
pH	(pH)	7.27	0.15	92	13.67
Temperatura	(°C)	27	0.13	14	1.80
Sólidos Disueltos totales	(mg/L)	4500	0.11	20	2.17
Coliformes Fecales	(NMP/100ml)	25*10 ⁴	0.18	20	3.57
Oxígeno Disuelto	(% de Saturación)	80.9	0.20	89	17.67
Turbidez	(NTU)	9	0.11	82	8.90
DBO ₅	(mg/L)	6.5	0.13	48	6.17
				ICA	53.96

El valor del ICA en el punto 8 es de 53,96. Según el criterio de calidad del agua del método (NSF) la calidad del agua es MEDIA

Punto 9					
Parámetro	Unidades	Valor	Wi	Li	Wi * Li
pH	(pH)	7.24	0.15	92	13.67
Temperatura	(°C)	27	0.13	14	1.80
Sólidos Disueltos totales	(mg/L)	3940	0.11	20	2.17
Coliformes Fecales	(NMP/100ml)	25*10 ⁴	0.18	20	3.57
Oxígeno Disuelto	(% de Saturación)	76.7	0.20	79	15.69
Turbidez	(NTU)	8.09	0.11	87	9.45
DBO ₅	(mg/L)	6	0.13	50	6.43
				ICA	52.77

El valor del ICA en el punto 8 es de 52,77. Según el criterio de calidad del agua del método (NSF) la calidad del agua es MEDIA

Punto 10					
Parámetro	Unidades	Valor	Wi	Li	Wi * Li
pH	(pH)	7.17	0.15	93	13.82
Temperatura	(°C)	26.8	0.13	14	1.80
Sólidos Disueltos totales	(mg/L)	3940	0.11	20	2.17
Coliformes Fecales	(NMP/100ml)	20*10 ⁴	0.18	20	3.57
Oxígeno Disuelto	(% de Saturación)	73.9	0.20	78	15.49
Turbidez	(NTU)	9.04	0.11	82	8.90
DBO ₅	(mg/L)	6.4	0.13	48	6.17
				ICA	51.92

El valor del ICA en el punto 10 es de 51,92. Según el criterio de calidad del agua del método (NSF) la calidad del agua es MEDIA

Punto 11					
Parámetro	Unidades	Valor	Wi	Li	Wi * Li
pH	(pH)	7.18	0.15	90	13.37
Temperatura	(°C)	26.9	0.13	14	1.80
Sólidos Disueltos totales	(mg/L)	3840	0.11	20	2.17
Coliformes Fecales	(NMP/100ml)	16*10 ⁴	0.18	20	3.57
Oxígeno Disuelto	(% de Saturación)	76.8	0.20	79	15.69
Turbidez	(NTU)	9.41	0.11	81	8.79
DBO ₅	(mg/L)	6.3	0.13	48	6.17
				ICA	51.57

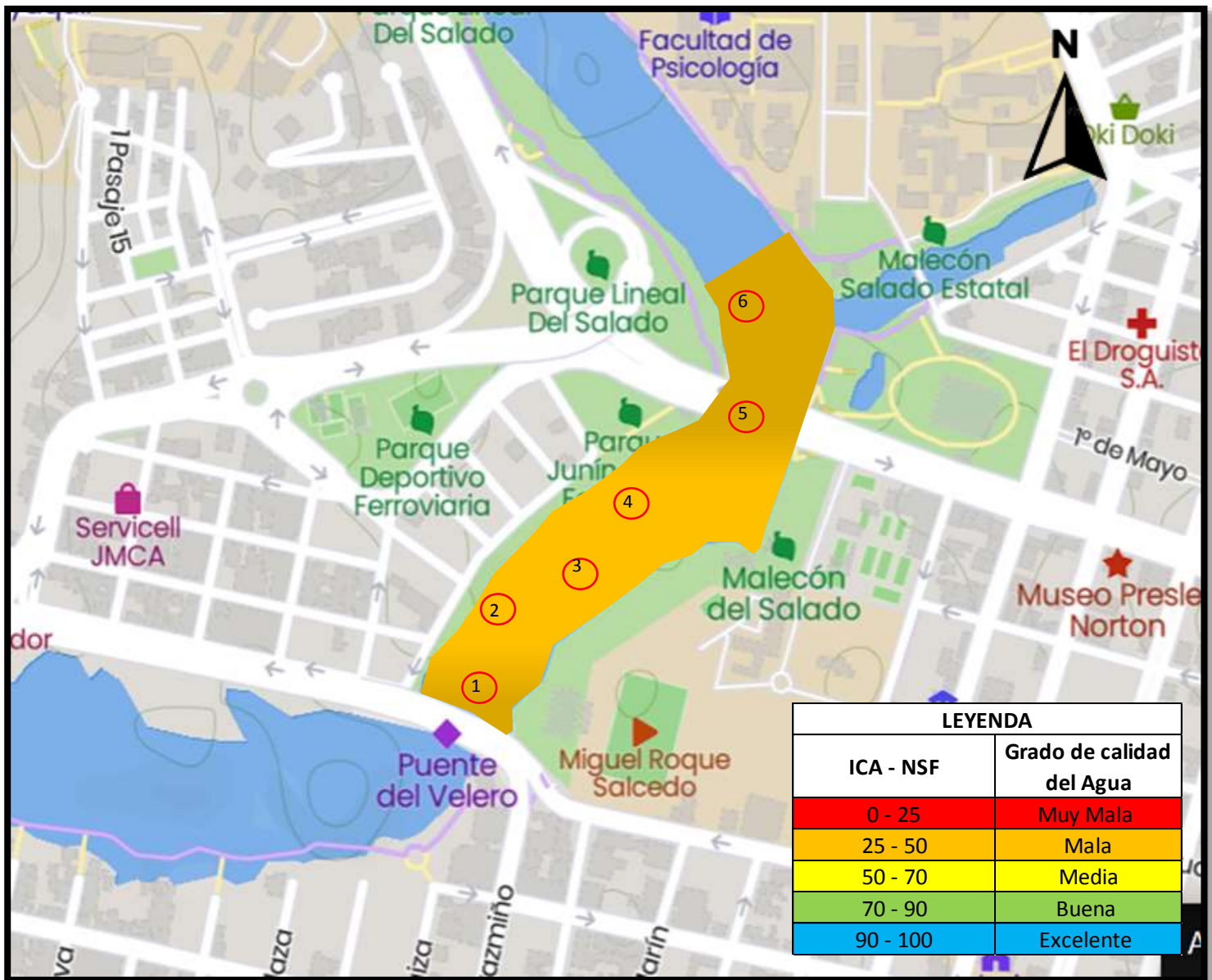
El valor del ICA en el punto 11 es de 51.57 según el criterio de calidad del agua del método (NSF) la calidad del agua es MEDIA

Punto 12					
Parámetro	Unidades	Valor	Wi	Li	Wi * Li
pH	(pH)	7.22	0.15	91	13.52
Temperatura	(°C)	27.1	0.13	14	1.8
Sólidos Disueltos totales	(mg/L)	2960	0.11	20	2.17
Coliformes Fecales	(NMP/100ml)	10*10 ⁴	0.18	20	3.57
Oxígeno Disuelto	(% de Saturación)	78.4	0.20	80	15.89
Turbidez	(NTU)	8.25	0.11	83	9.01
DBO ₅	(mg/L)	5.8	0.13	53	6.81
				ICA	52.77

El valor del ICA en el punto 12 es de 52,77. Según el criterio de calidad del agua del método (NSF) la calidad del agua es MEDIA

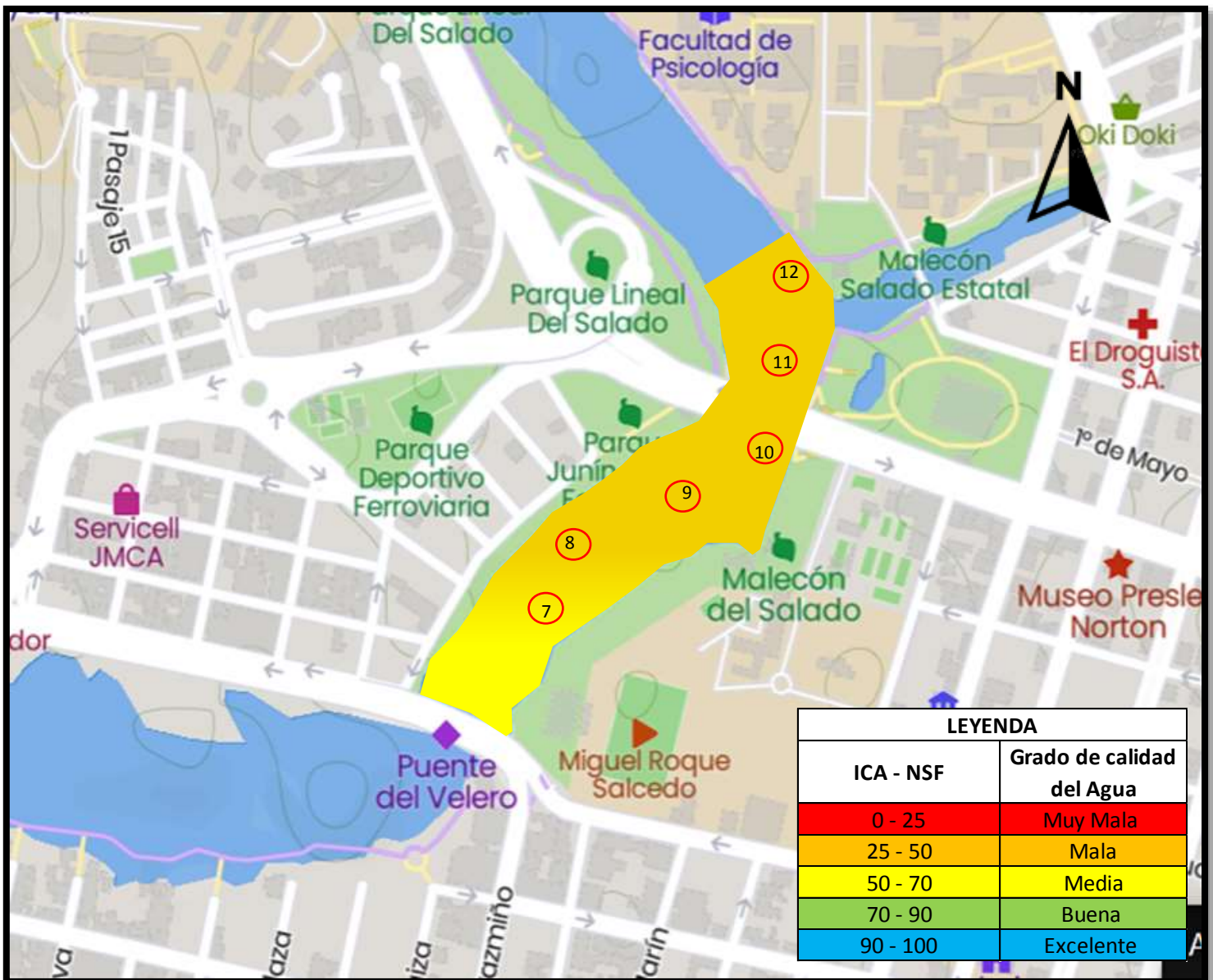
4.1.3 Mapas con los Índices de Calidad del Agua

Ilustración 14._ Mapa con los Índices de Calidad del Agua de NSF



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 15._ Mapa con los Índices de Calidad del Agua de NSF



Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

En el muestreo 2 se obtuvieron valores del ICA entre 39,5 y 48,4 y todos estos valores estuvieron en el rango de condición MALA según la Tabla del índice NSF

- En el muestreo 3 se obtuvieron valores del ICA entre 51,5 y 54,3 y todos estos valores estuvieron en el rango de condición Media según la Tabla del índice NSF. Puede ser que los resultados hayan variado porque el día anterior a la toma de muestras hubo una fuerte lluvia de 30,4 litros de agua por metro cuadrado según la estación meteorológica de la Escuela Politécnica del Litoral (Espol).
- Para el criterio de calidad de aguas para fines recreativos mediante contacto secundario según la tabla 7 del Anexo 1 del TULSMA, el oxígeno disuelto no cumple con el rango mayor a 80%, los coliformes fecales no cumplen con el rango menor a 4000 y hay visibilidad de material flotante en el Estero Salado.
- Cabe indicar que esta investigación se ha tomado una muestra puntual en cada sitio de estudio para determinar el ICA, por lo tanto no puede asegurarse la calidad del agua como mala o media según el método NSF ya que hace faltan mayores estudios, mayores puntos de monitoreo por un tiempo prolongado.

RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con las campañas de concientización y sensibilidad ambiental para el Estero Salado.

La municipalidad de Guayaquil se siga encargando con la recolección de basura y de igual forma de la inspección de los desagües clandestinos hacia el Estero.

Se debe seguir desarrollando el programa de monitoreo continuo o periódico con las estaciones de muestreo fijas en los diferentes puntos del estero salado para seguir obteniendo resultados y ver claramente los cambios de calidad en el agua del estero.

Se recomienda señalización en el estero salado que indique la calidad del agua para evitar riesgos en la salud

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez Arroyo, A. V., Pérez Cayeiro, A. V., & Macías Bedoya, A. M. (2015). Obtenido de <https://oti.formacionsostenible.org/wp-content/uploads/2016/12/584f21a90dafd.pdf>
- Alvarez, A., Perez, M., & Macias, A. (2015). *biblat*. Obtenido de <https://biblat.unam.mx/es/revista/revista-cientifica-ecociencia/articulo/criterios-de-zonificacion-ambiental-estudio-de-caso-estero-salado-de-guayaquil-ecuador>
- Briones, S. (2021). *Sistematización y análisis de la calidad del agua del agua*. obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/T-UCSG-PRE-ING-IC-412.pdf
- Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., & Díaz, D. (2014). *Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. Ingeniería Solidaria, 111-124.*
- Cheme, A. (2020). *Evaluación de la calidad del agua del estero salado zona “Puente Gómez Rendón” En Guayaquil durante los años*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/50940/1/BCIEQ-T-0549-Cheme-Valencia-Alexandra-Elizabeth.pdf
- Effendi, H., Romanto, & Yusli, W. (2015). *Estado de la calidad del agua del río Ciambulawung, provincia de Banten, según el índice de contaminación y NSF-WQI.*
- Etece, E. (16 de julio de 2021). *conceptos.de*. Obtenido de <https://concepto.de/recursos-hidricos/>
- fundacion, A. (14 de julio de 2022). *Aquae fundacion* . Obtenido de <https://www.fundacionaquae.org/wiki/los-manglares-que-son-tipos-importancia/>
- Gonzales, V., Caicedo, O., & Aguirre, N. (2013). *Aplicación de los índices de calidad de agua NSF, DINUS Y BMWP*. Antioquia.
- INEC. (2022). *INEC*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/inec-presenta-sus-proyecciones-poblacionales-cantonales/>
- INEN. (2013). Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-Agua.-calidad-del-agua.-muestreo.-manejo-y-conservacion-de-muestras.pdf?x42051#:~:text=1.1-Esta-norma-establece-las,biol
- Lahmeyer. (2000). *Estudios de Prefactibilidad y Selección de la mejor alternativa del Plan Integral de la Recuperación del Estero Salado. Parte 1. Informe Final I - Capítulo 2 Inventario de Descargas*. Guayaquil.
- Ley Orgánica de Recursos Hídricos, U. Y. (05 de agosto de 2014). *República del Ecuador Asamblea Nacional*. Obtenido de Ediciones Legales: <https://www.etapa.net.ec/Portals/0/Transparencia/Literal-a2/Ley-Organica-de-Recursos-Hidricos-usos-y-aprovechamiento-del-agua.Pdf>

- MAE. (2016). Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/industrias-con-presuncion-de-contaminacion-al-estero-salado-deben-revisar-el-destino-de-sus-descargas/>
- Martínez Valdés, Y., & Michel Villalejo García, V. (2018). *scielo*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382018000100005&script=sci_arttext&tlng=en
- Monserrate, L., Medina, J. F., & Calle, P. (12 de diciembre de 2011). Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/19190/1/Articulo-tesis-estero-salado.pdf>
- Pamplona, U. d. (2010). *Índices de Calidad (ICAs) y de Contaminación (icos) del agua de importancia mundial*. Colombia.
- Pérez Porto, J. M. (24 de enero de 2014). *definicion*. Obtenido de <https://definicion.de/recursos-hidricos/>
- Pino Sergio, S. L. (2020). Los costos de la salud y la calidad del agua en el Estero Salado de la ciudad de Guayaquil-Ecuador. *Revista ESPACIO*, 12.
- Reolon, L. (2010). *Programa de Formación Iberoamericano en Materia de Aguas Área Temática 3.3. Calidad de las Aguas Indices de calidad de agua*. Buenos Aires - Argentina.
- Research, C. I. (2016). *Aqua-lac*. Obtenido de <https://aqua-lac.org/index.php/Aqua-LAC/article/view/185/161>
- Rojas, R. (2017). *UG*. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/50940/1/BCIEQ-T-0549-Cheme-Valencia-Alexandra-Elizabeth.pdf>
- V.L., G., H.D., T., Kohlmann, B., & Yeomans, J. (2012). *Microorganismos como Bioindicadores de calidad de aguas*. Costa Rica.
- Vargas, E. (2016). Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/9069/1/BCIEQ-T-0152-Vargas-Arrollo-Evelin-Cruz.pdf>
- Velásquez, L., & Armas, M. (2013). *Indicadores de desarrollo sostenible para la planificación y toma de decisiones en el Municipio Caroní*.
- Vizcaíno, L. F. (2009). *Índices de calidad del agua (ICA), forma de estimarlos y aplicación en la Cuenca Lerma-Chapala*. México: Instituto Mexicano de Tecnología del agua.
- Wu, B. Y. (2009). *Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada Victoria*. San José.
- Yáñez, L., Franco, P., Bastidas, W., & Córdova, V. (02 de septiembre de 2017). *Aqua-Lab*. Obtenido de <https://aqua-lac.org/index.php/Aqua-LAC/article/view/185/161>
- Zarza, L. (2020). *iagua*. Obtenido de <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-residuales>

ANEXOS FOTOGRÁFICOS

Registro fotográfico de recolección de Muestras



Ilustración 17._ Navegación en bote en el Estero Salado



Ilustración 16._ Toma de Muestra en los puntos asignados



Ilustración 19._ Navegación en marea baja



Ilustración 18._ Lancha recolección de basura

Registro fotográfico de ensayos de Laboratorio



Ilustración 21._ Equipo Multiparámetros



Ilustración 20._ Obtención de muestra por medio de pipetas



Ilustración 22._ Realización de Ensayos con el Laboratorista



Ilustración 23._ Preparación de agua peptona



Ilustración 25._ Colocación de agua peptona en recipientes pequeños



Ilustración 24._ Resultados de Coliformes Fecales



Ilustración 26._ Resultados de DBOs

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Potosí Martínez, Eduardo Andrés y Aguilar López, Alfredo Alejandro**, con C.C respectivamente: **#0952382323** y **#2350225732** autores del trabajo de titulación: **Determinación del índice de calidad ambiental del estero salado entre el tramo del Puente del Velero hasta el muelle de la Escuela de Canotaje**, 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**

AUTORES

f. 

Potosí Martínez, Eduardo Andrés
CC: 0952382323

f. 

Aguilar López, Alfredo Alejandro
CC: 2350225732

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TEMA Y SUBTEMA:	Determinación del índice de calidad ambiental del estero salado entre el tramo del Puente del Velero hasta el muelle de la Escuela de Canotaje.		
AUTOR(ES)	Potosí Martínez, Eduardo Andrés y Aguilar López, Alfredo Alejandro		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Glas Cevallos, Clara Catalina		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	27 de febrero del 2023	No. DE PÁGINAS:	49
ÁREAS TEMÁTICAS:	Abastecimiento de Aguas, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Civil		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	NSF, Índice de Calidad del Agua, Tulsma, Estero Salado, Fines Recreativo Mediante Contacto Secundario, Puente del Velero		
RESUMEN:	<p>Se evaluó la calidad del agua del Estero Salado entre el tramo Puente del Velero y la escuela de canotaje mediante el Índice de Calidad de Agua (NSF), los análisis recopilados para esta investigación fueron realizados en el laboratorio de Calidad de Aguas de la UCSG.</p> <p>Se determinaron variables físico-químicas y bacteriológicas. Mediante el método NSF se permitió conocer el estado de la calidad del agua del Estero Salado para luego poder ponderar el ICA que estuvo entre el rango de 43,95 y 52,58, por lo tanto la calidad del agua es de Media a Mala. Y para la normativa ambiental del TULSMA, el oxígeno disuelto no cumple con el rango mayor a 80% para fines recreativo mediante contacto secundario ya que el oxígeno disuelto promedio es de 69,84%. Basado en estos datos se debe considerar seguir fomentando las campañas de recuperación del Estero Salado y seguir con el Monitoreo anual del Estero para ver cómo ha variado los parámetros físico-químicos.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SÍ	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593 999344912 +593 986562111	E-mail: eduardopotosi_99@outlook.es E-mail: alex-9900@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Clara Glas Cevallos		
	Teléfono: +593-4 -2206956		
	E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			