

**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA:**

**SISTEMATIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA  
DEL TRAMO A DEL ESTERO SALADO Y SU INTERRELACIÓN  
CON EL DESARROLLO URBANO. ¿MEJORA O DETERIORO?**

**AUTOR:**

**Pazmiño Carrillo, Luis Ariel**

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

**TUTOR:**

**Ing. Camacho Monar, Mélida Alexandra Ph.D**

**Guayaquil, Ecuador**

**13 de septiembre del 2021**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**INGENIERÍA CIVIL**

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Pazmiño Carrillo, Luis Ariel**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**

### **TUTORA**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Camacho Monar, Mélida Alexandra Ph.D**

### **DECANO**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Carlos Chon Díaz, M.Sc**

**Guayaquil, a los 13 días del mes de septiembre del año 2021**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**INGENIERÍA CIVIL**

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Pazmiño Carrillo Luis Ariel**

### **DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, “**Sistematización Y Análisis De La Calidad De Agua Del Tramo A Del Estero Salado Y Su Interrelación Con El Desarrollo Urbano. ¿Mejora O Deterioro?**” 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 13 días del mes de septiembre del año 2021**

f. \_\_\_\_\_  
**Pazmiño Carrillo, Luis Ariel**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Pazmiño Carrillo Luis Ariel**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **“Sistematización Y Análisis De La Calidad De Agua Del Tramo A Del Estero Salado Y Su Interrelación Con El Desarrollo Urbano. ¿Mejora O Deterioro?”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 13 días del mes de septiembre del año 2021**

**EL AUTOR**

f. \_\_\_\_\_  
**Pazmiño Carrillo, Luis Ariel**

# REPORTE URKUND

## URKUND

### Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** Pazmifio\_Luis\_corregido.docx (D112905095)  
**Submitted:** 9/19/2021 2:17:00 PM  
**Submitted By:** clara.glas@cu.ucsg.edu.ec  
**Significance:** 8 %

#### Sources included in the report:

TESIS URKUND estero Salado ALEXANDRA CHEME.docx (D80804168)  
SAN ENRIQUE EMILIO PLUA URKUND.docx (D112841333)  
TESIS EVELIN VARGAS.docx (D16022922)  
TESIS DE EVELYN VARGAS.docx (D16101732)  
G5\_Trabajo\_final\_monitoreo\_ambiental (3).docx (D108302189)  
HERNANDEZ GAVILANES ALBERTO.docx (D30450716)  
<https://xdoc.mx/documents/m-universidad-del-bio-bio-600669ad035bd>  
<https://docplayer.es/69007168-Estudio-de-impacto-ambiental.html>  
<https://docplayer.fr/amp/202512595-Rapport-de-suivis-post-exploitation-2019-et-document-d-information-au-public.html>  
<https://docplayer.es/9218680-Plan-hidrologico-norte-i.html>  
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/23015/1/BCIEQ-T-0227%20Hern%C3%A1ndez%20Gavilanes%20Alberto%20Lenin.pdf>  
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/49923/1/Tesis%20Josue%20Cevallos%20Perez.pdf>  
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/49924/1/TESIS%20KEVIN%20ESPINOZA%20ULTIMA%20VERSION%203%93N.pdf>  
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6796/1/PC-000932.pdf>  
<https://www.doccity.com/es/estudio-de-la-calidad-fisicoquimica-y-microbiologica-de-la-quebrada-picacha-y-dona-maria-municipio-de-medellin/5440205/>  
<https://1library.co/document/oy8ggwzr-monitoreo-calidad-malacatos-comprendido-puentes-sector-sauces-norte.html>  
<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/1999/1/T-UTEQ-0028.pdf>  
[http://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades\\_academicas/PPP2015.pdf](http://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/PPP2015.pdf)  
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GUAMAN%20GOMEZ%20NOHELY%20VIRGINIA.pdf>  
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8917/1/BCIEQ-T-0103%20Alvario%20Castro%20C%20Helen%20Isamar%20%3B%20Gordillo%20Vanegas%20Mar%20C%20Ada%20Dolores.pdf>  
<http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/2153/1/EV-2015%20Roberto%20Erazo%20Veloz.pdf>  
<http://documents1.worldbank.org/curated/en/511631597818054974/text/Anexo-al-Estudio-de-Impacto-Ambiental-y-Social-del-Sistema-Los-Merinos-7-de-7.txt>

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia, por brindarme su apoyo incondicional día a día a lo largo de mi proceso estudiantil, siendo el motor principal para salir adelante.

A mi tutora, Ing. Alexandra Camacho por guiarme y orientarme de la mejor manera en cada momento en la realización de este trabajo de titulación.

Por último, a todos los docentes que tuve en estos años de preparación, por inculcarme sus bastos conocimientos para lograr esta meta alcanzada.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de titulación en primer lugar a mis padres, ya que, sin sus consejos, amor, apoyo incondicional y sus constantes palabras de aliento, no hubiera alcanzado esta meta anhelada.

A mis hermanas y hermano que siempre me motivaban cuando necesitaba fuerzas para continuar en los momentos difíciles.

A mi grupo de estudio, Fernando, Cedric, Nadieska, Nadya, Peter y Kevin, que se convirtieron en grandes amigos y que juntos nos apoyamos para no quedarnos atrás en este proceso.

Y finalmente a mi enamorada, Doménica, quien siempre me brindó su comprensión e incondicional apoyo día tras día de mi carrera universitaria.



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

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Carlos Chon Díaz, M.Sc  
DECANO**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Clara Glas Cevallos, M.Sc.  
DOCENTE DE LA CARRERA**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Javier Fernando Plaza Vera, PhD  
OPONENTE**

## CALIFICACIÓN

# ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	2
1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Justificación .....	3
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo General .....	3
1.3.2. Objetivos específicos .....	3
1.4. Alcance.....	4
1.5. Metodología de análisis .....	4
CAPÍTULO II.....	6
2 MARCO TEÓRICO .....	6
2.1. Estero Salado de Guayaquil .....	6
2.1.1 Crecimiento Poblacional e Industrial .....	7
2.1.2 Zonas de Influencias .....	10
2.1.3 Zona I.....	11
2.1.4 Zona II.....	12
2.1.5 Zona III .....	12
2.2. Contaminación del Estero Salado.....	13
2.2.1. Descargas Líquidas vertidas al Estero Salado .....	15
2.2.2. Asentamientos a las orillas del Estero Salado .....	24
2.2.3. La basura en las riberas del Estero Salado .....	24
2.3. Marco Legal .....	25

2.3.1. Anexo 1. Libro VI del TULSMA: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua .....	26
2.3.2. Respecto a los muestreos .....	28
2.4. Calidad del Agua del Estero Salado .....	29
2.4.1. Oxígeno Disuelto (OD).....	31
2.4.2. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ).....	32
2.5. Sistematización de proyectos para la recuperación del Estero Salado	32
2.6. Método de análisis para la determinación para el Índice de Calidad del Agua (ICA).....	40
2.6.1. Método de la Fundación Nacional de Saneamiento (NSF) .....	40
2.6.2. Curvas de función para estimación del valor de calidad (Q).....	42
2.6.3. Estimación del ICA cuando existen parámetros faltantes .....	44
2.6.4. Cambio de unidades del Oxígeno Disuelto .....	45
CAPÍTULO III .....	47
3. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL ESTERO SALADO.....	47
3.1. Recopilación de Datos .....	47
3.2. Análisis y resultados de los monitoreos de la calidad del agua del Estero Salado.....	51
3.3. Resultados de análisis vs normativa ambiental aplicable .....	53
3.4. Modelación de la calidad del agua del Estero Salado utilizando el método NSF .....	62
3.5. Análisis de Resultados.....	73
CONCLUSIONES: ¿MEJORA O DETERIORO? .....	76

RECOMENDACIONES.....	78
BIBLIOGRAFÍA.....	79

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1- Crecimiento Poblacional según datos del censo poblacional del INEC 2010.</b> .....	7
<b>Tabla 2.2- Número de empresas monitoreadas por el proyecto Ecuador Ecológico, 2018.</b> .....	14
<b>Tabla 2.3- Distribución de la contaminación de origen doméstico.</b> .....	17
<b>Tabla 2.4- Contaminación de origen doméstico - Totales que llegan al Estero Salado.</b> .....	18
<b>Tabla 2.5- Contaminación llegando al Estero Salado.</b> .....	19
<b>Tabla 2.6- Contaminación del Estero Salado considerando las aguas residuales domésticas, industriales y pluviales.</b> .....	21
<b>Tabla 2.7- Tipos de basuras encontrados en la Zona I del Estero Salado.</b> .....	25
<b>Tabla 2.8- Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuario.</b> .....	27
<b>Tabla 2.9: Las mejores alternativas propuestas para disminución de la contaminación en el Estero Salado por Lahmeyer - Cimentaciones.</b> ...	33
<b>Tabla 2.10: Proyectos realizados en el período 2003 - 2004 en el Tramo A del Estero Salado.</b> .....	35
<b>Tabla 2.11: Proyectos realizados en el período 2010 – 2014 según información del proyecto PRESIS.</b> .....	35
<b>Tabla 2.12: Pesos Ponderados (NSF).</b> .....	41
<b>Tabla 2.13: Criterio de Calidad de Agua según ICA.</b> .....	42
<b>Tabla 3.1: Parámetros de Calidad de Agua en Ramal A (2010).</b> .....	48
<b>Tabla 3.2: Parámetros de Calidad de Agua en Ramal A (2015).</b> .....	48
<b>Tabla 3.3: Parámetros de Calidad de Agua en Ramal A (2016).</b> .....	49

<b>Tabla 3.4: Resultados de monitoreos período 2015 - 2021. ....</b>	<b>50</b>
<b>Tabla 3.5: Estaciones de muestreos en el Tramo A con sus respectivas coordenadas UTM. ....</b>	<b>51</b>
<b>Tabla 3.6: Índice de Calidad de Agua en el año 2010. ....</b>	<b>63</b>
<b>Tabla 3.7: Índice de Calidad de Agua en el año 2015. ....</b>	<b>64</b>
<b>Tabla 3.8: Índice de Calidad de Agua en el año 2016. ....</b>	<b>64</b>
<b>Tabla 3.9: Índice de Calidad de Agua en el año 2015 con datos base de EMAPAG. ....</b>	<b>65</b>
<b>Tabla 3.10: Índice de Calidad de Agua en el año 2016 con datos base de EMAPAG. ....</b>	<b>65</b>
<b>Tabla 3.11: Índice de Calidad de Agua en el año 2017 con datos base de EMAPAG. ....</b>	<b>66</b>
<b>Tabla 3.12: Índice de Calidad de Agua en el año 2018 con datos base de EMAPAG. ....</b>	<b>66</b>
<b>Tabla 3.13: Índice de Calidad de Agua en el año 2019 con datos base de EMAPAG. ....</b>	<b>66</b>
<b>Tabla 3.14: Índice de Calidad de Agua en el año 2020 con datos base de EMAPAG. ....</b>	<b>67</b>
<b>Tabla 3.15: Índice de Calidad de Agua en el año 2021 con datos base de EMAPAG. ....</b>	<b>67</b>
<b>Tabla 3.16: Resultados de Índices de Calidad del Agua en el Tramo A del Estero Salado período 2010 - 2021. ....</b>	<b>68</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1- Población Total según la División Política Administrativa vigente en cada año.....</b>	<b>8</b>
<b>Figura 2.2- Zonas I, II, III del Estero Salado según Lahmeyer. ....</b>	<b>11</b>
<b>Figura 2.3: Curvas de Función según NSF.....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 2.4: Porcentaje de Oxígeno Disuelto en función de la temperatura del agua.....</b>	<b>46</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1: Sector donde fue ubicado el proyecto "Parque Lineal - Universidad Católica", 2004.....</b>	<b>38</b>
<b>Ilustración 2: Parque Lineal - Universidad Católica, 2009.....</b>	<b>39</b>
<b>Ilustración 3: Vista donde se ubicaría la construcción del Parque Lineal Universidad de Guayaquil.....</b>	<b>39</b>
<b>Ilustración 4: Parque Lineal Universidad Católica, 2009.....</b>	<b>40</b>
<b>Ilustración 5: Mapa con ubicación de estaciones de monitoreos 2010-2021.....</b>	<b>52</b>
<b>Ilustración 6: Mapa con el Índice de Calidad del Tramo A del Estero Salado. 2010 .....</b>	<b>69</b>
<b>Ilustración 7: Mapa con el Índice de Calidad del Tramo A del Estero Salado. 2015-16 .....</b>	<b>70</b>
<b>Ilustración 8: Mapa con el Índice de Calidad del Tramo A del Estero Salado. 2017 al 2019 .....</b>	<b>71</b>
<b>Ilustración 9: Mapa con el Índice de Calidad del Tramo A del Estero Salado. 2020 – 2021 .....</b>	<b>72</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1: Valores de DBO5 vs Límite norma TULSMA. ....</b>	<b>55</b>
<b>Gráfico 2: Valores de Nitratos vs Límite norma TULSMA. ....</b>	<b>56</b>
<b>Gráfico 3: Valores de Oxígeno Disuelto vs Límite norma TULSMA. ....</b>	<b>57</b>
<b>Gráfico 4: Valores de Turbidez vs Límite norma TULSMA. ....</b>	<b>58</b>
<b>Gráfico 5: Valores de pH vs Límite norma TULSMA. ....</b>	<b>59</b>
<b>Gráfico 6: Valores de Temperatura vs Límite norma TULSMA. ....</b>	<b>60</b>
<b>Gráfico 7: Valores de Coliformes Fecales vs Límite norma TULSMA. ...</b>	<b>61</b>

## RESUMEN

El Estero Salado siendo un referente hídrico para la ciudad de Guayaquil, sufre de la contaminación de sus aguas debido al descontrolado crecimiento de la urbe a lo largo de los años, falta del debido control de las descargas industriales y domésticas que son evacuadas sin tratamiento previo y carencia de educación ambiental hacia la población que acostumbran a arrojar los desechos al Estero, entre otros. Para esto se realizó una sistematización de los proyectos ejecutados entre los años 2000 al 2017 y de monitoreos de calidad de agua en los años 2015 - 2021, con el objetivo de conocer las estrategias para la recuperación paisajística y ambiental del Estero Salado.

En el presente trabajo se determinó el grado de contaminación del agua en el “Tramo A” del Estero Salado de Guayaquil, utilizando el Índice de Calidad de Agua (ICA) según el método de la Fundación Nacional de Saneamiento (NSF). Este proceso se realizó en base del análisis de calidad de agua recopilados del proyecto de titulación “Análisis Comparativo de la Calidad del Agua de los Ramales A, B, Puerto Lisa y Las Ranas del Estero Salado de la ciudad de Guayaquil, utilizando Índices de Calidad Ambiental” en el período 2010 – 2016 y de los monitoreos solicitados por EMAPAG, correspondientes al período 2015 -2021. Con los análisis se realizó una comparación con la normativa ambiental TULSMA y se procedió a modelar los ICAs en mapas, donde se puede observar la variación de la calidad del agua del Estero Salado.

**Palabras Claves:** *Estero Salado, calidad del agua, ICA, modelación, contaminación, Guayaquil, análisis.*

## ABSTRACT

The Estero Salado, being a water reference for the city of Guayaquil, suffers from the contamination of its waters due to the uncontrolled growth of the city over the years, lack of due control of industrial and domestic discharges that are evacuated without prior treatment, and lack of environmental education for the population who are used to dumping waste into the Estero, among others. For this, systematization of the projects executed between the years 2000 to 2017 and of water quality monitoring in the years 2015 - 2021 was carried out, to know the strategies for the landscape and environmental recovery of the Estero Salado.

In the present work, the degree of water contamination in the "Section A" of the Estero Salado de Guayaquil was determined, using the Water Quality Index (ICA) according to the method of the National Sanitation Foundation (NSF). This process was carried out based on the water quality analysis collected from the titling project "Comparative Analysis of the Water Quality of Ramales A, B, Puerto Lisa and Las Ranas del Estero Salado of Guayaquil's city, using Quality Indices Environmental" in the period 2010 - 2016 and of the monitoring requested by EMAPAG, corresponding to the period 2015 -2021. With the analyzes, a comparison was made with the TULSMA environmental regulations and the ICAs were modeled on maps, where the variation of the water quality of the Estero Salado can be observed.

**Key Words:** *Estero Salado, water quality, ICA, modeling, contamination, Guayaquil, analysis.*

# CAPÍTULO I

## 1 INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

El presente trabajo de titulación se basa en la comparación de los resultados obtenidos por estudios a lo largo de los años (2000 – 2021), sobre la calidad de agua que actualmente posee el Estero Salado.

Se conoce que el Estero Salado es uno de los referidos geográficos más representativos del cantón Guayaquil, siendo una entrante de mar que se encuentra situado en el Oeste del Golfo de Guayaquil, donde también dentro de sus riberas se encuentra el Puerto Marítimo que es parte del atractivo de esta ciudad.

Pero actualmente, la belleza que lograba mostrar en tiempos de antaño (entre los años 1940 - 1950) se ha visto opacada por la acumulación de desechos y el mal olor generado por sus turbias aguas, traducido en una contaminación frecuente.

La contaminación actual del Estero Salado se ha producido paulatinamente por varios tipos de desechos y descargas que ha recibido a lo largo del tiempo entre 1950 y 2021, claramente está relacionado con las actividades que se encuentran aledañas al cuerpo en estudio, ya que sus aguas vertidas a canales de drenaje pluvial o directamente al Estero Salado no disponen de un tratamiento especial para el tipo de descargas que recibe.

Según estudios realizados desde el año 2000 hasta la actualidad, la mayor parte de la contaminación proviene de las descargas domiciliarias e industriales, por esta razón el área de estudio es considerada como la más conflictiva.

Según el Ministerio del Ambiente (MAE), los tramos interiores conocidos como “Tramo A” (Urdesa – Kennedy) y “Tramo B” (Urdesa – Miraflores) muestran bajos valores de Oxígeno Disuelto y altas concentraciones de

DBO, lo cual permite conocer que estos tramos en bajamar pueden llegar a condiciones anóxicas (MAE, 2019).

## **1.2. Justificación**

Se justifica dado que es importante realizar la presente investigación con el fin de tener una idea clara sobre la contaminación que se produce en el Estero Salado al estar expuesto a zonas urbanas, industriales y comerciales. Esto afecta tanto a la población aledaña que habita junto a sus riberas como a los proyectos futuros que se tienen con relación al mejoramiento de las riberas y la calidad del agua del Estero Salado. Por lo tanto, las comparaciones de los diferentes análisis de los parámetros contaminantes a lo largo de los años, con información obtenida de estudios importantes tales como Lahmeyer-Construcciones, Proyecto Integral para la Recuperación del Estero Salado (PIRES), Ecuador Ecológico, entre otros; ayudará a tener resultados actualizados sobre la mejora o deterioro de la calidad del agua de este estuario que pueda servir como información actualizada para estudios de futuros proyectos en esta zona.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo General**

Sistematizar la información obtenida de los últimos veinte años respecto al análisis de las condiciones físicas, químicas y bacteriológicas del Tramo A del Estero Salado relacionándolo con los diferentes proyectos realizados para su recuperación a fin de evaluar su mejora o deterioro progresivo.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Recabar información de proyectos realizados en los últimos 20 años que tienen relación directa con los esfuerzos de recuperación del Estero Salado en el tramo analizado.
- Recabar información de análisis de calidad del Estero Salado en el tramo A de la Zona 1 del Estero Salado de los últimos 5 años.
- Analizar la calidad del agua del Estero Salado de los últimos 5 años y comparar con la normativa aplicable.

- Construir un plano de ubicación de los proyectos realizados y los sitios de muestreo y monitoreo, así como zonificación de rangos de calidad.
- Sistematizar toda la información obtenida y cómo su interrelación con el desarrollo urbano y los proyectos realizados han conseguido el objetivo de mejorar la calidad del agua del Estero Salado.

#### **1.4. Alcance**

Determinar la calidad del agua del Tramo A del Estero Salado, realizar comparaciones de los diferentes parámetros físicos, químicos y bacteriológicos con la normativa ambiental aplicable, realizar sistematizaciones con toda la información disponible para determinar el grado de deterioro o en su defecto la mejoría de la calidad del agua existente en el Tramo A del Estero Salado obtenida en los últimos 20 años, considerando todos los proyectos realizados.

#### **1.5. Metodología de análisis**

La metodología que se utilizó fue la de sistematizar los proyectos que se realizaron cerca del Estero y de aquellos que afectaban directamente en la composición de sus aguas entre los años 2000 al 2015; en estas destacan obras de mantenimiento de sistemas de alcantarillado, control de calidad de aguas de descargas industriales, domésticas y pluviales, oxigenación artificial, entre otros.

La metodología que se realizó para el análisis de los monitoreos de la calidad del agua en el Estero Salado fue en base al método de la Fundación Nacional de Saneamiento de Estados Unidos (NSF), el cual permitió darle grados de calidad de agua en función al nivel de contaminación que ha tenido el Estero Salado desde el año 2010 hasta el 2021. Para esto se tomarán como base los resultados de los monitoreos solicitados por la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guayaquil (EMAPAG), y de datos de análisis de calidad de agua obtenidos de la tesis “Análisis Comparativo de la Calidad del Agua de los Ramales A, B, Puerto Lisa y Las Ranas del Estero Salado de la ciudad de Guayaquil, utilizando

Índices de Calidad Ambiental” realizado por la Ing. Amb. Katty del Cisne  
Díaz Yépez.

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Estero Salado de Guayaquil

El Estero Salado es un brazo de mar se encuentra ubicado dentro del Golfo de Guayaquil, al sureste de la República del Ecuador, cuenta con una extensión de 13.701 Km<sup>2</sup> siendo así uno de los estuarios referentes de la ciudad de Guayaquil (Cárdenas, 2010).

Este estuario recibe flujo y reflujo de las mareas donde existe el cruce de aguas subtropicales frías y salinas que provienen del sur del Golfo y aguas tropicales cálidas que contienen poca salinidad las cuales vienen del norte (Cárdenas, 2010).

También tiene la influencia de aguas continentales provenientes de cuencas hidrográficas de gran relevancia para este estuario, tales como: río Pagua, río Tenguel, río Balao, río San Pablo, río Naranjal, río Chongón, río Churute, río Daular, entre otros (Cárdenas, 2010).

El Estero Salado es considerado como un sitio patrimonial y potencialmente turístico, lo que se traduce en un gran aporte económico para la ciudad de Guayaquil (Carangui & Pólit, 2017).

La zona costera en la que se encuentra el Estero Salado consta de un clima tropical, esto quiere decir que existe la variabilidad entre húmedo, lluvioso y caliente dependiendo del mes. Entre enero e inicios de mayo predomina el clima lluvioso y húmedo llegando a temperatura promedio de 26°C, por otro lado, para la temporada de intenso calor se encuentran temperaturas promedio de 30°C, donde la probabilidad de que llueva es escasa. (Carangui & Pólit, 2017)

En la actualidad este referente se ha visto afectado por crecimiento exponencial de la población, de las industrias y el descuido de las autoridades por la falta de gestión de alcantarillados sanitarios necesarios para aquella expansión. A esto se le suma la falta de cultura ambiental que

carece en la ciudadanía y que no es difundida por las respectivas autoridades. (Lahmeyer - Cimentaciones, 2000)

El Estero Salado, al tratarse de un brazo de mar está expuesto a la falta de aportes de ríos agua arriba, por lo que el movimiento de sus aguas no va dirigidos directamente al mar abierto. Esto quiere decir que el flujo y reflujo de sus aguas afecta a su proceso de autodepuración (Peñañiel, Vallejo, & Chalen, 2017).

De esta manera aquel efecto que se repite año tras año sin tomar las acciones debidas ha influenciado en el desgaste de la calidad ambiental y también en la estética del Estero, lo cual se traduce en una potencial afectación a los organismos ecológicos y un sin número de especies que habitan aquí (Peñañiel et al., 2017).

### **2.1.1 Crecimiento Poblacional e Industrial**

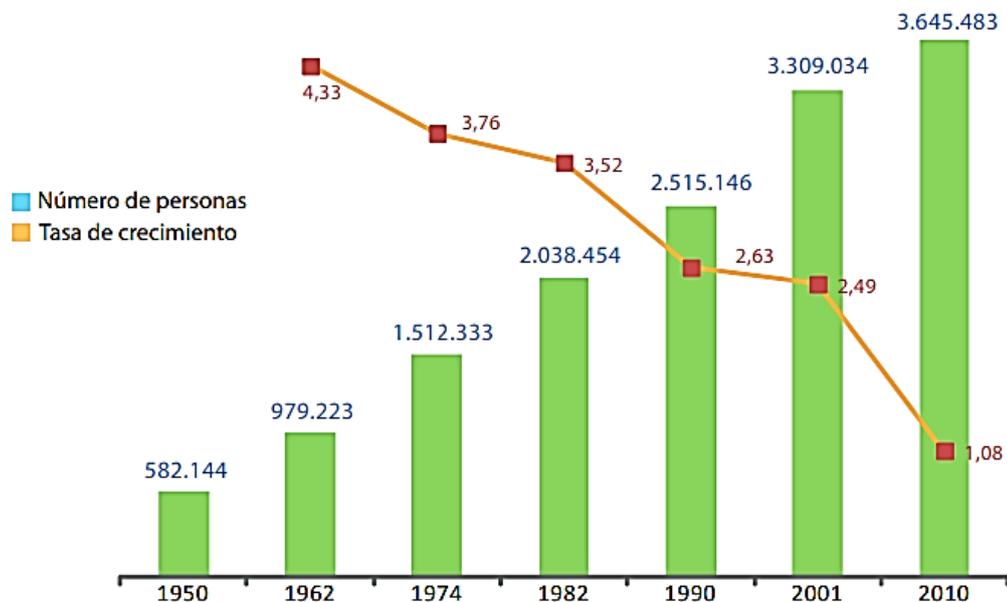
El impacto agresivo de la contaminación que afecta al Estero Salado se debe al masivo crecimiento de la estructura urbana de la ciudad de Guayaquil, a partir de los años 1950.

El crecimiento poblacional ha sido tan extenso que en doce años a partir de los 50', Guayaquil quintuplicó su población y veinticinco años más tarde el número de sus habitantes llegó a ser diez veces más que aquel entonces (Lahmeyer - Cimentaciones, 2000).

**Tabla 2.1- Crecimiento Poblacional según datos del censo poblacional del INEC 2010.**

<b>AÑO</b>	<b>POBLACIÓN</b>	<b>TASA DE CRECIMIENTO %</b>
1950	582.144	-
1962	979.223	4,33
1974	1.512.333	3,76
1982	2.038.454	3,52
1990	2.515.146	2,63
2001	3.309.034	2,49
2010	3.645.483	1,08

**Fuente:** Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), 2010.



**Figura 2.1- Población Total según la División Política Administrativa vigente en cada año.**

**Fuente:** INEC, 2010

Cuando el proceso de crecimiento poblacional iba aumentando, poco a poco los habitantes iban embistiendo contra los elementos naturales que se encontraban en el Estero, esto iba alterando el paisaje que lo caracterizaba.

El Río Guayas y el Estero Salado fueron rellenados en sus ramales, en los cerros del Norte y Noreste se evidenciaron explotaciones indiscriminadas lo cual fue modificando el perfil de la ciudad; esto afectó directamente a los manglares los cuales fueron desapareciendo paulatinamente (Lahmeyer - Cimentaciones, 2000).

Con la construcción de la carretera Guayaquil – Balzar – Quevedo, en 1950, el cual conectaba con el puente 5 de junio, permitía a las industrias agroexportadoras que logren realizar sus primeros asentamientos por esta zona, a lo largo de la Av. Carlos Julio Arosemena; como producto de aquello se rellenaron alrededor de 48.000 m<sup>2</sup> (Lahmeyer - Cimentaciones, 2000).

El ecosistema se vio altamente modificado por los asentamientos de viviendas de estratos sociales altos como Urdesa, cuyo sector sufrió tala de árboles, manglares y consolidación de los rellenos de los brazos del Estero. Teniendo en cuenta que parte del proyecto inicial de toda la urbanización era

mantener e incluir nuevas áreas verdes, esta idea no duró mucho ya que las mismas fueron taladas para darle utilidad al sector comercial (Lahmeyer - Cimentaciones, 2000).

En primer lugar, se comenzaron los rellenos en la zona que actualmente es la Kennedy, ya que aquella zona mostraba características de dique angosto por lo cual se necesitaba de mucho material pétreo que eran explotados en las cercanas canteras del sector. Esto afectó a dos brazos más del Estero para poder dar lugar a la urbanización que iba en aumento (Lahmeyer - Cimentaciones, 2000).

De la misma manera, entre 1955 – 1959, se promocionaron otros sectores urbanos tales como Urdesa Norte y la ciudadela Miraflores; el primero se encontraba entre la Av. Las Lomas y el Estero, donde para su implantación se necesitó realizar rellenos de aproximadamente 3.000 m<sup>2</sup> ocasionando la destrucción de la ribera; mientras que para el caso de la ciudadela Miraflores, se requirió destruir los manglares al borde de sus riberas para realizar una transición entre la vivienda y el Estero (Lahmeyer - Cimentaciones, 2000).

El estrechamiento de su cauce y la afectación ambiental de sus diferentes ecosistemas eran consecuencias del progresivo crecimiento que la ciudad y posteriormente las industrias experimentan, así de esta manera se seguía destruyendo las riberas y los manglares con poco criterio técnico ambiental (Lahmeyer - Cimentaciones, 2000).

Al llegar a la década de los 60' se realizó el relleno de otro de sus ramales, como lo fue para la ciudadela Bolivariana, que limitaba en una parte con el ramal del Estero y en otra con la calle Los Ríos, pero para lograr suplir los equipamientos comerciales para esta ciudadela se optó por reducir el cauce del Estero en esa zona (Lahmeyer - Cimentaciones, 2000).

El daño importante de este elemento natural representativo de la ciudad que fue víctima de estos asentamientos es el cerro San Eduardo donde cuyos terrenos surge la ciudadela Bellavista, evento que se dio lugar en 1971. Estos asentamientos afectaron de manera negativa al ecosistema del Estero

que, por lograr obtener mayor número de lotizaciones de terrenos, se efectuaron cortes topográficos sin considerar el impacto ambiental y ecológico al no redistribuir nuevas áreas verdes necesarias; fue el mismo panorama para la ciudadela La Fuente el cual fue asentado mediados del mismo año (Lahmeyer - Cimentaciones, 2000).

Para sectores que comprenden el Sur de la ciudad, las invasiones fueron el factor principal para aumentar rellenos en esas zonas, fue allí donde se dio lugar a los Guasmos: Norte, Central, Sur y Oeste (también llamado Malvinas), a mediados de los 70' (Lahmeyer - Cimentaciones, 2000).

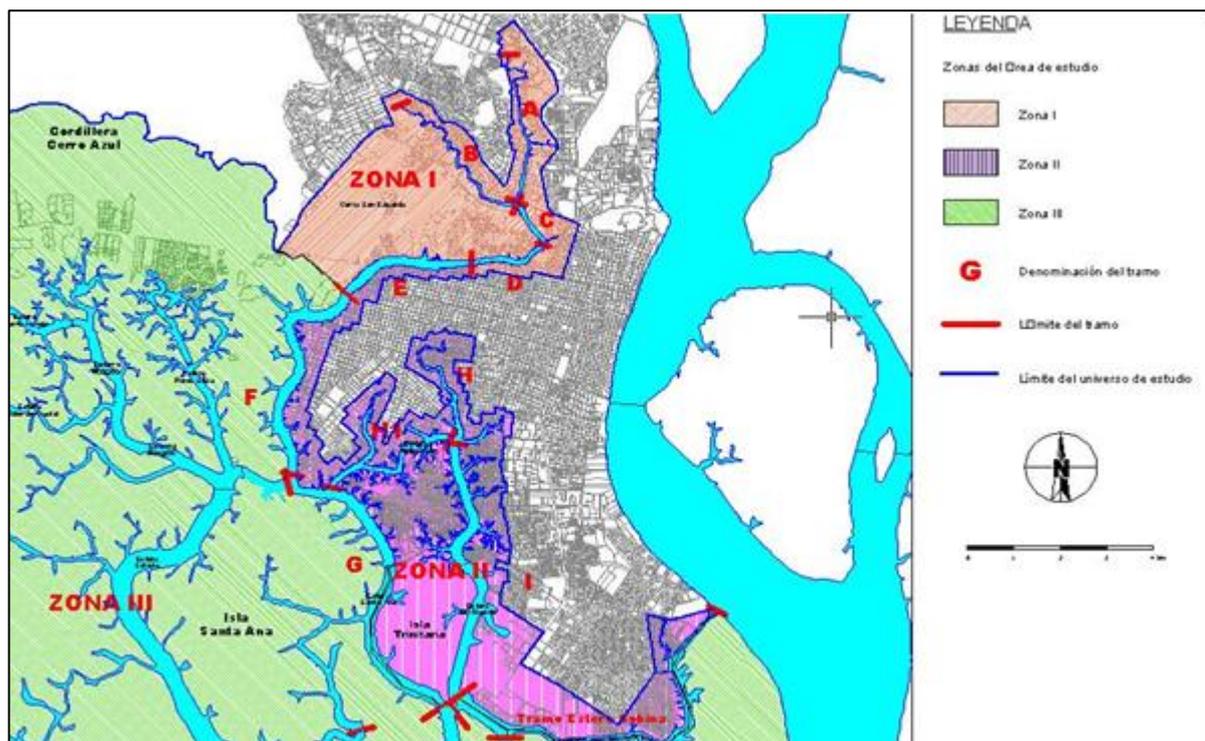
De esta manera, en la década de los 80' se tuvo uno de los asentamientos de mayor importancia en la ciudad como lo fue la Isla Trinitaria, el cual se encuentra entre los ramales Santa Ana y el Estero del Muerto. Esto empezó al momento que se presentó la planificación de la vía Perimetral, y posteriormente con la construcción de éste, provocando que haya asentamientos informales en sus extremos (Lahmeyer - Cimentaciones, 2000).

### **2.1.2 Zonas de Influencias**

La empresa Lahmeyer-Cimentaciones realizó una zonificación de los sectores urbanos e industrial (I, II, III), con el fin de proponer una integración paisajista, arquitectónica y recreativa, para lograr recuperar el Estero Salado, el cual está dividido por tramos desde Tramo A hasta Tramo I.

Para lo cual se tiene:

- **Zona I:** Aquí se pueden encontrar los tramos A, B, C y D.
- **Zona II:** Comprendido por los tramos F-G-H-H1-I.
- **Zona III:** En esta zona se ubica el sistema estuario de la zona oeste de Guayaquil.



**Figura 2.2- Zonas I, II, III del Estero Salado según Lahmeyer.**

**Fuente:** Lahmeyer – Cimentaciones, 2000.

### 2.1.3 Zona I

Entre las principales urbanizaciones que se asientan en este sector están: Urdesa, Miraflores, Kennedy, Urdesa Norte, Urdenor, Bellavista y El paraíso, quienes en su mayoría fueron promovidas por empresas privadas y que gozan de buenos servicios de equipamientos en salud, educación, cultura, etc. (Lahmeyer - Cimentaciones, 2000).

Específicamente esta zona está comprendida por:

- **Tramo A:** Este ramal interior está direccionado hacia al norte, donde se puede encontrar a las ciudadelas Kennedy y Urdesa.
- **Tramo B:** En este ramal interior va dirigido hacia el noreste, se encuentra cerca al límite norte del Campus de la Universidad de Guayaquil (punto que une tramo A con B), se logra divisar también las ciudadelas Urdesa y Kennedy al pie de la gasolinera.
- **Tramo C:** Se encuentra ubicado entre el Puente 5 de junio y la unión de las secciones A y B.

- **Tramo D:** Ubicado entre el puente de la calle 17 y el puente 5 de junio (Lahmeyer - Cimentaciones, 2000).

En esta zona actualmente se encuentran las industrias de gran potencial económico de la ciudad de Guayaquil, y también se presenta como la más comprometida con respecto al impacto ambiental por descargar sus aguas residuales sin tratamiento hacia los canales de aguas pluviales, servidas o de manera directa al Estero Salado (Lahmeyer - Cimentaciones, 2000).

#### **2.1.4 Zona II**

Esta zona se caracterizaba por el origen de los asentamientos informales provocando una irregularidad de expansión de sectores como: Cooperativa Fragata, Suburbio Oeste, Guasmos Oeste y Sur, entre los más mencionados. Estos asentamientos eran manejados por un líder que a su vez era apoyado movimientos políticos para ganar seguidores y votantes para los fines electorales (Lahmeyer - Cimentaciones, 2000).

Para esta zona se dividieron en los siguientes tramos:

- **Tramo E:** Está conformada por la sección que se encuentra entre el Puente Portete y el Puente de la calle 17.
- **Tramo G:** Este ramal interior comprende desde el extremo sur de la Isla Trinitaria y el estero Santa Ana.
- **Tramo H:** Va desde Cuatro Bocas a Puerto Liza
- **Tramo I:** Parte desde sección entre el Puerto Marítimo y Cuatro Bocas.

En esta zona, uno de los principales problemas que existían era la carencia de servicios básicos, incluso no contaban con servicio de recolección de basura, por ende, como medida para deshacerse de los desperdicios los habitantes lanzaban éstos directamente al Estero aumentando la contaminación de sus aguas (Lahmeyer - Cimentaciones, 2000).

#### **2.1.5 Zona III**

En esta zona se pueden encontrar los dos tipos de asentamientos, formal e informal; en el caso de Puerto azul y Puerto Hondo respectivamente. En este

primero se puede encontrar una dotación del 100% de servicios básicos y de la misma manera también tuvo cierta influencia de inversión privada, mientras que, para Puerto Hondo, la dotación de servicios básicos presenta infraestructuras de aguas servidas con un 40% de sistema de letrinas, sin redes de distribución para agua potable, teniendo a los tanqueros como principal proveedor de ésta (Lahmeyer - Cimentaciones, 2000).

En el tramo Puerto Hondo se encuentra el Estero Plano Seco, Estero Madre de Costal, Estero Mongón. También cuenta con ramales que contienen esterillos al Oeste y Sur de la Isla Santa Ana, así mismo al Norte y Oeste de la Isla la Esperanza (Lahmeyer - Cimentaciones, 2000).

## **2.2. Contaminación del Estero Salado**

Estudios realizados por proyectos como Ecuador Ecológico (2018), permiten conocer que la realidad del Estero Salado en los tramos más conflictivos como lo son el Tramo A (Kennedy – Urdesa) y el Tramo B (Urdesa – Miraflores), son más críticas de lo que parece, ya que estos sectores se encuentran muy afectados por las descargas de aguas domésticas e industriales que son vertidas en sus aguas. Sus lodos depositados cerca de sus riberas llegan a elevados valores de concentración de sulfuros y demandas bioquímicas de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) (Ecuador Ecológico, 2018).

Según el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), una de las razones por el cual la calidad del agua presentada se muestra conflictiva, es por el depósito de desechos sólidos, los mismos que llegan a valores diarios de 3.5 toneladas métricas (TM). Otra razón que influye demasiado es el continuo relleno de las orillas para los asentamientos urbanos e industriales, esto como resultado provoca la reducción del cauce del Estero y eventualmente aumenta la cantidad de sólidos en suspensión (MIDUVI, 2013).

Este avance continuo de contaminación del Estero Salado es producto del desbalance entre el crecimiento de la población, que de por sí es descontrolado, con el aumento industrial no regulado. Los tipos de comercios que también se ven envueltos en esta problemática son aquellas

que se dedican a brindar servicios de hotelería, restaurantes, lugares de entretenimiento, lubricadoras y una variedad de actividades formales e informales que se desarrollan cerca de los ramales. Estos han provocado serios problemas de materia orgánica e inorgánica (Mariscal, et al, 2018).

Se conoce que existían 586 empresas que estuvieron bajo inspección por el Ministerio del Ambiente (MAE), y que a través de los años no han sido observadas adecuadamente por el Municipio de Guayaquil para saber si éstas cumplen con las normativas ambientales necesarias con respecto a las descargas al Estero o no (Ministerio del Ambiente y Agua, 2014).

El proyecto Ecuador Ecológico ha conseguido identificar aquellas industrias que descargan sus aguas residuales al Estero y su área de influencia, con el fin de regular las actividades de evacuación de las aguas con alto nivel de materia orgánica y exigir que cada industria presente planes de rehabilitación para mejorar el tratamiento de sus aguas (Muñoz, 2012).

El proyecto identificó 190 empresas, las cuales detalló la cantidad de las empresas que sí cumplen con las normas técnicas ambientales y aquellas que no.

**Tabla 2.2- Número de empresas monitoreadas por el proyecto Ecuador Ecológico, 2018.**

DETALLE	NÚMERO	COMPETENCIA
Empresas que incumplen con las normas	120	Empresas que son competencias del Municipio de Guayaquil por ser acreditado 120
Empresas que cumplen con las normas	54	Empresas que son competencia del Ministerio del Ambiente
<b>TOTAL DE EMPRESAS</b>	<b>190</b>	

**Fuente:** Ecuador Ecológico, 2018.

No obstante, de aquellas que son competencias del Municipio de Guayaquil las cuales suman un total de 120 empresas, se tiene que:

- Fueron clausuradas 8 de las empresas.
- 56 de ellas sólo fueron sancionadas.

- Aquellas que se encuentran en proceso de revisión suman 44 empresas.
- Y 12 de las empresas por consideraciones técnicas no aplican ninguna clase de sanción.

Esta contaminación está arraigada a factores que van directamente relacionado con la degradación, teniendo en cuenta la transferencia de oxígeno, la capacidad de autodepuración de sus aguas, la descomposición de la materia orgánica y principalmente el nivel de calidad de agua que se haya en este Estero.

El Estero Salado se oxigena naturalmente mediante la transferencia del oxígeno de la atmósfera hacia el brazo de mar, pero actualmente pasa por un proceso de sobresaturación de la masa hídrica, esto quiere decir que no existe contacto directo entre la atmósfera y el Estero, por presencia de basuras, líquidos contaminantes y descargas líquidas con sólidos.

Con respecto a la autodepuración de sus aguas, el Estero cuenta con un déficit de eliminación de elementos contaminantes produciendo así la degradación de la materia orgánica formando bacterias que consumen el oxígeno. Cuando el agua sufre de falta de oxígeno, ocasiona el aumento de la demanda biológica de oxígeno y aumenta la turbidez.

Esto a su vez, provoca que entre la cantidad de materia orgánica que no está estabilizada adecuadamente y que pasa en suspensión, entren en un proceso anaeróbico y se generen los malos olores (Ponce, 2016).

Esta contaminación debe ser regulada por el MAE, bajo el *Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA)*, el cual tiene como objeto la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.

### **2.2.1. Descargas Líquidas vertidas al Estero Salado**

En contexto, las descargas líquidas son aquellas aguas residuales que entran a una corriente superficial, ya sea mares, ríos, lagunas, esteros, etc., que provocan inconvenientes de contaminación afectando a la fauna y flora de algún ecosistema en particular (Rodríguez, 2017).

En el caso del Estero Salado se conoce que sus aguas están muy influenciadas por este tipo de descargas, lo cual ha ocasionado el cambio de sus propiedades físicas, químicas y bacteriológicas, convirtiéndolas en aguas con alto contenido de materia orgánica, deteriorando su integridad a diario.

No obstante, Lahmeyer (2000) aclara que según los estudios realizados por el consultor Espey – Houston & As, el problema de la contaminación no es un problema hidráulico (caudales o cantidades de agua) pero sí de problemas bioquímicos.

### **Aguas Residuales**

Son aquellas que provienen del uso humano (doméstico), sector industrial, entre estos: comerciales, agrícolas, pecuarios, etc., el cual genere algún tipo de degradación en su calidad original (MAE, 2015).

Según Lahmeyer (2000) afirma que en el Estero Salado existía un flujo total aproximadamente de 61.500 m<sup>3</sup>/día entre aguas residuales domésticas e industriales, los cuales se drenan 18.000 m<sup>3</sup>/día por el tramo Urdesa-Miraflores y 15.000 m<sup>3</sup>/día mediante el brazo represado de Urdenor.

Sin embargo, para lograr reducir la carga contaminante que estas aguas residuales domésticas e industriales generan, Rodríguez (2017) afirma que se deben diseñar, construir y operar plantas de tratamientos con el fin de disminuir los parámetros bacteriológicos suficientes para obtener efluentes que cumplan con las exigencias límites dictadas por las normativas vigentes en cada país y que éstas dependiendo de su origen se pueden diferenciar tres tipos de aguas residuales: Urbanas, Domésticas e Industriales.

### **Aguas Residuales Domésticas**

Tal como su nombre lo indica, son aquellas provenientes de las actividades domésticas, es decir, generados por los desechos biológicos humanos, principalmente se originan en viviendas, zonas residenciales, asentamientos ilegales, entre otros. (Pulido, Miranda, Guavita, & Molano, 2014)

Según comenta Lahmeyer (2000) en el Estero Salado para la zona del tramo A, las aguas residuales domésticas provienen principalmente de aquellas que drenan al colector Parsons y al río Guayas, o a su vez de la estación de bombeo El Progreso.

Existen partes domiciliarias pequeñas que se conectan al sistema Alborada norte, mientras que existen grandes áreas urbanizadas en el sur de la ciudad que se encuentran dentro del área que no disponen de red sanitaria por lo tanto son evacuadas al drenaje pluvial (Lahmeyer - Cimentaciones, 2000).

Por lo tanto, la distribución de la contaminación de origen doméstico que llegan al Estero Salado se resume en la tabla 2.3:

**Tabla 2.3- Distribución de la contaminación de origen doméstico.**

	( 1 )	( 2 )
	Aguas Bombeadas	Aguas Residuales
Caudal de aguas	700-850 (l/s) 60.500 - 73.500 (m <sup>3</sup> /d)	17.000 - 22.700 (m <sup>3</sup> /d) = 28 - 31 % de (1)
Contaminación promedio en DBO <sub>5</sub>	50 (mg/l) 3.025 - 3.670 (kg/d)	5.450 - 5.680 (kg/d)
Contaminación que llega realmente al Estero Salado = (2) - (1)/(2)	45 - 35 % de la contaminación en las Aguas residuales	

**Fuente:** Lahmeyer – Cimentaciones, 2000.

Incluso estas aguas se las pueden subdividir en dos categorías: aguas negras y aguas grises (Pulido et al., 2014).

### **Aguas Negras**

Son aquellas aguas que vienen directamente de los inodoros, los cuales contienen desechos biológicos de gran contenido de heces fecales, orina entre otros componentes contaminantes. Aunque estas aguas con el tiempo y con cierto tratamiento para su descomposición, pueden ser utilizadas como abono (Pulido et al., 2014).

### **Aguas Grises**

Estas aguas involucran aquellas que han sido utilizadas para la limpieza de utensilios caseros de cocina, por lo general provienen de lavamanos, duchas, lavadoras, etc., donde también pueden ser reutilizadas en ciertos

sectores donde es necesario el riego, como el agro, siempre y cuando no estén mezcladas con las aguas negras (Pulido et al., 2014).

Por lo tanto, la cantidad de contaminación que provenían de las aguas domésticas y que llegaban a cada tramo del Estero Salado según Lahmeyer (2000); se presentan en la tabla 2.4:

**Tabla 2.4- Contaminación de origen doméstico - Totales que llegan al Estero Salado.**

<b>Tramo del Estero Salado</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
Contaminación que llega de:	kg DBO <sub>5</sub> /d				
Zonas arriba	de 41 hasta ~ 330	de 817 hasta ~ 2.000	-	-	-
Aportes a lo largo del tramo	de 361 hasta ~ 1.000	de 852 hasta ~ 1.400	de 75 hasta ~ 150	de 607 hasta ~ 1.200	
Total tramo	~ 400 hasta ~ 1.330	~ 1.700 hasta ~ 3.400	~ 75 hasta ~ 150	~ 600 hasta ~ 1.200	
Total Estero Salado, zonas de alta contaminación actual	de ~ 2.800 hasta ~ 6.080 kg DBO <sub>5</sub> /d				

**Fuente:** Lahmeyer – Cimentaciones, 2000.

### **Aguas Residuales Industriales**

Estas aguas involucran aquellas que han sido utilizadas de los procesos industriales, los cuales pueden tener influencias de sector minero, agrícola, pecuarios, procesadora de alimentos, camales, etc., y que son descargadas sin tratamientos previos a un sistema de alcantarillado o a un cuerpo de agua (Pulido et al., 2014).

No obstante, las industrias que se especializan en la producción de químicos orgánicos e inorgánicos como detergentes, cloros, fertilizantes, entre otros, hacen que el impacto de la contaminación de sus aguas sea más grave, tanto que imposibilita el uso de ellas en cualquier otro tipo de sector.

En el caso del Estero Salado Lahmeyer (2000) indica que las principales industrias con una gran aportación de carga orgánica y al consumo de agua son aquellas que se dedicaban a la elaboración de productos alimenticios, bebidas y tabacos, y de papel y de cartón.

El cual ha estimado que la carga orgánica aproximadamente que llegaba al Estero Salado es de 17.000 kg DBO<sub>5</sub>/día, provenientes del límite urbano de la ciudad de Guayaquil (Lahmeyer - Cimentaciones, 2000).

Lahmeyer (2000) indica que el Estero Salado recibía una repartición de caudales de aguas residuales industriales de un 24% provenientes de los sectores industriales mencionados, lo que representa una carga contaminante de 4.080 kg DBO<sub>5</sub>/día.

Esta repartición es dividida de tal manera que se presenta en la tabla 2.5:

**Tabla 2.5- Contaminación llegando al Estero Salado.**

<b>Zona Industrial</b>	<b>Repartición</b> %	<b>Carga Contaminante</b> DBO <sub>5</sub> kg/d
Z3 - Juan Tanca Marengo	8	1.360
Z4 - Mapasingue	11	1.870
Z7 - Vía a la Costa	5	850
<b>Total</b>		<b>4.080</b>

**Fuente:** Lahmeyer – Cimentaciones, 2000.

Entonces, la contaminación de las aguas del Estero Salado provenientes del sector industrial fue discutido. Lahmeyer (2000) hace referencia a que precisamente de este problema se pueden observar aspectos importantes como, por ejemplo, atribuirle un gran valor a la contaminación por metales pesados y de otras materias altamente tóxicas.

### **Aguas Residuales Pluviales**

Son aquellas que circulan superficialmente en el suelo producto de las lluvias, estas aguas generalmente se arrastran las basuras que se encuentran en los techos, las calles, el suelo vegetal, etc. (Pulido et al., 2014). Éstas a su vez son conducidos por sistemas de alcantarillado subterráneos o dirigidos por canales abiertos con sus diferentes perfiles, ya sean rectangulares o trapezoidales, llegando a un cuerpo receptor como mares, ríos, lagunas, esteros.

Con respecto a la contaminación de estas aguas que llegan al Estero Salado, Lahmeyer (2000) indica que existía una contaminación global arriba de los tramos A y B del Estero, los cuales fueron determinados por estudios de Epsey-Huston-Copade.

Uno de los principales resultados que se obtuvieron según el estudio mencionado, fue el de constatar que la Demanda Química de Oxígeno (DQO) es extremadamente alta, con respecto a las descargas en el tramo A y B, correspondiente a la zona de Miraflores y al Estero pequeño en la Universidad de Guayaquil.

Para este tipo de aguas residuales Lahmeyer (2000) indica que no se realizaron estudios y análisis suficientes como para lograr determinar la carga contaminante específica que posee el agua con respecto a esta clasificación.

### **Cargas Totales que llegan al Estero Salado**

La calidad del agua que fue analizada según datos estudiados por Lahmeyer (2000), contiene valores de cargas contaminantes mezcladas entre los diferentes tipos de aguas residuales que han sido mencionados. Esto permite conocer que los tramos A y B reciben la mayor parte de la contaminación:

- Carga Contaminante Tramo A = 1.900 ÷ 2.900 kg DBO<sub>5</sub> /d
- Carga Contaminante Tramo B = 3.800 ÷ 5.700 kg DBO<sub>5</sub> /d

Por lo tanto, se muestra la cantidad de carga contaminante que se encontraba proveniente de los diferentes tipos de agua que eran descargadas al Estero Salado, por medio de la tabla 2.6:

**Tabla 2.6- Contaminación del Estero Salado considerando las aguas residuales domésticas, industriales y pluviales.**

<b>Tramo del Estero Salado</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D + E</b>
Contaminación de:	kg DBO <sub>5</sub> /d			
Origen industrial, gasolineras y lavacarros (aceites, grasas)	1.360 100	1.870 100		350
Origen doméstico	~ 400 ~ 1.330	~ 1.700 ~ 3.400	~ 75 ~ 150	~ 600 ~ 1.200
Calles, edificios, contaminación superficial de lluvias	~ 40 ~ 130	~ 170 ~ 340	~ 15	~ 60 ~ 120
Total tramo	~ 1.900 hasta ~ 2.920	~ 3.840 hasta ~ 5.710	~ 90 hasta ~ 165	~ 1.010 hasta ~ 1.670
Total Estero Salado, zonas de alta contaminación actual	6.800 hasta 10.500 kg DBO <sub>5</sub> /d			

**Fuente:** Lahmeyer – Cimentaciones, 2000.

### **Características de las aguas residuales**

Esta contaminación se las puede diferenciar con respecto al tipo de desechos y descarga que recibe, claramente está relacionado con las actividades que se encuentran aledañas al cuerpo en estudio. Se las puede caracterizar con respecto a su composición, ya sea física, química o bacteriológica.

### **Propiedades Físicas**

En este tipo de propiedades se toman en consideración parámetros que puedan ser percibidos fácilmente como el olor, color, los sólidos y la temperatura.

Para el olor se puede percibir los gases que se forman al momento de que existe la descomposición de ciertos desechos o el estancamiento permanente de aquellos.

Con respecto al color, se puede observar la degradación de materia orgánica tomando en cuenta el tipo de descarga contaminante que influye en el agua, las cuales pueden ser grises o negras.

En base a la temperatura, este perturba las aguas de tal manera que altera las reacciones químicas y las velocidades de reacción dentro de la vida acuática, considerando que parte del oxígeno que se encuentra del agua se vuelva menos soluble, que por lo general esto es común en zonas donde se vierten aguas calientes a un cuerpo receptor con temperaturas naturales.

Los sólidos en suspensión son producidos por condiciones anaerobias, los cuales son generador a partir del depósito de lodos y por la demanda de oxígeno dando como resultado olores desagradables y putrefactos. (Pire, 2019)

También se toma en cuenta los sólidos totales, quienes son producto del sometimiento del agua a un proceso de evaporación que varía de temperatura entre 103 y 105°C. Estos se pueden clasificar en filtrables o no filtrables los cuales son medidos por un filtro de fibra de vidrio (Da Cámara, Hernández, & Paz, 2014).

### **Propiedades Químicas**

Las propiedades químicas pueden ser subclasificadas entre contaminantes de materia orgánica los cuales son el resultado de la degradación biológica de compuestos, o de materia inorgánica que se caracterizan por tener un efecto tóxico en el agua (Paullán, 2019).

Para los componentes químicos orgánicos, se tienen las proteínas, hidratos de carbono, agentes tensoactivos y las grasas y aceites. Mientras que para los inorgánicos está la medición del pH, alcalinidad, nutrientes y metales pesados, entre otros (Pire, 2019).

### **Químicos Orgánicos**

Con respecto a las proteínas, son aquellas provenientes del organismo animal, los cuales están compuestos por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno (Pire, 2019).

Para los hidratos de carbono, la celulosa siendo uno de ellos representativos ya que su presencia en el agua residual es fácilmente destruida gracias a la actividad de los diversos hongos (Pire, 2019).

Hablando de las grasas y aceites, estos son muy similares con respecto a su estructura química, particularmente la descomposición de las grasas por acción bacteriana no es sencilla (Pire, 2019).

Y los agentes tensoactivos son aquellos que tienen sus moléculas de gran tamaño, estos a su vez son muy solubles en agua y por lo general se los puede diferenciar ya que producen un tipo de espuma en los cuerpos de aguas receptoras (Pire, 2019).

### ***Químicos Inorgánicos***

El pH, mide la concentración del ion hidrógeno, en las aguas residuales es de gran importancia ya que afecta directamente a la vida biológica en su desarrollo, incluso cuando existe una gran concentración de este parámetro se encuentran dificultades para utilizar tratamientos de depuración con procesos biológicos (Pire, 2019).

Por otro lado, la alcalinidad es producida por presencia de hidróxidos, magnesio, sodio, carbonatos, entre otros; éste ayuda a mantener y regular los cambios de pH que son producidos por la adición de ácidos (Pire, 2019).

Refiriéndose a los nutrientes, si estos se descargan en un cuerpo de agua ayudan al crecimiento de la vida acuática tanto que sería desfavorable ya que implicaría el aumento del consumo de oxígeno poniendo en riesgo el proceso de eutrofización (existencia de las poblaciones de seres vivos acuáticos) (Pire, 2019).

Finalmente, los metales pesados como el cromo, cadmio, mercurio, etc., interfieren con los procesos de depuración y tratamientos biológicos en el ecosistema receptor (Pire, 2019).

## **Propiedades Bacteriológicas**

Por lo general en aguas marinas se desarrollan microorganismos halófilos (microorganismos capaces de vivir en ambientes salinos), los cuales se adaptan en aguas que contienen de 25 a 40 g/L de cloruro sódico, por lo general son anaerobios facultativos y suelen ser de varios tipos morfológicos tales como los cocos, bacilos, espirilos y vibriones (Marín, 2008).

### **2.2.2. Asentamientos a las orillas del Estero Salado**

El Estero Salado a lo largo de su longitud ha sufrido el constante estrechamiento de su cauce producto de los asentamientos informales que se dieron en el crecimiento poblacional entre 1962 – 1974.

Estos asentamientos son más comunes en las zonas donde se encuentran estratos sociales bajos, los cuales carecen de sistemas de infraestructuras básicas sin ninguna planificación de por medio. Según Lahmeyer (2000) la Zona II del Estero está afectado 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).

### **2.2.3. La basura en las riberas del Estero Salado**

La basura o desechos sólidos, es otro de los que forman parte del problema de la contaminación del Estero Salado, tanto que da una mala apariencia e impide el tráfico de los botes a motor.

Según Lahmeyer (2000) en el suburbio Oeste, la abundancia de la basura es incontrolable ya que cierta cantidad de habitantes han utilizado estos desechos para realizar rellenos para los territorios, donde luego se asentaron sin ningún planeamiento o régimen requerido.

La cantidad de basura arrojada en el Estero Salado, incluyendo aquella que ha sido ubicadas ilegalmente en sus taludes, bordea alrededor de 228 toneladas por año (Lahmeyer - Cimentaciones, 2000).

Lahmeyer (2000) recolectó muestras de los desechos que se encontraban en los tramos, en los cuales encontraron muchos escombros de materiales de construcción como hormigón y madera entre otros, incluso también registró que existían una gran cantidad de neumáticos (Lahmeyer - Cimentaciones, 2000).

**Tabla 2.7- Tipos de basuras encontrados en la Zona I del Estero Salado.**

Sitio		Biodegradables	Plásticos	Madera y Otros	Total
Tramo A	Kg.	126	158	900	1.183
Tramo B	Kg.	245	362	5.100	5.707
Tramo C	Kg.	232	195	1.740	2.167
Tramo D	Kg.	190	310	64	564
Total	Kg.	793	1.025	7.804	9.621
Porcentaje	%	8%	11%	81%	100%

**Fuente:** Lahmeyer – Cimentaciones, 2000.

Para esto, por la presión político-social se han realizado mingas para lograr la limpieza de sus riberas, incluso realizando actividades de extracción de material flotante del Estero para no perjudicar a la buena imagen y su calidad del agua (Lahmeyer - Cimentaciones, 2000).

### **2.3. Marco Legal**

Para cada ámbito del ecosistema, independientemente de sus elementos que la conforman, toda la población en sus diferentes sectores urbanos e industriales dentro del territorio ecuatoriano tiene como obligación regirse a la norma técnica ambiental dictada por la “Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental”.

Esta norma técnica presenta el *Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA)*, que según los Acuerdos Ministeriales No. 061 y No. 097-A, publicado en Registro Oficial 316 del 4 de mayo del 2015, presenta seis anexos, dependiendo del recurso ambiental

del que se pretenda salvaguardar y preservar, los clasifica de la siguiente manera:

**Anexo 1)** Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua.

**Anexo 2)** Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y de Criterio de Remediación para Suelos Contaminados.

**Anexo 3)** Norma de Emisiones al Aire desde Fuentes Fijas de combustión.

**Anexo 4)** Norma de Calidad del Aire Ambiente.

**Anexo 5)** Límites Permisibles de Niveles de Ruido Ambiente para Fuentes Fijas y Fuentes Móviles, y para Vibraciones.

**Anexo 6)** Norma de Calidad Ambiental para el Manejo y Disposición Final de Desechos Sólidos No Peligrosos.

Entonces la presente investigación, el cual se basa con respecto al tipo de recurso al que pertenece el Estero Salado, se toma en consideración el *Anexo 1*, el cual establece:

- a) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;
- b) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y,
- c) Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

El TULSMA (2015) indica que con el Anexo 1 permite conocer que su objetivo principal es: “proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general”.

### **2.3.1. Anexo 1. Libro VI del TULSMA: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua**

Para poder realizar el análisis de la calidad de agua del Estero Salado se debe tomar en consideración los límites máximos permisibles para cada

parámetro de estudio según este anexo éstas que a su vez se presentan en la Tabla 2.8:

**Tabla 2.8- Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuario.**

PARÁMETROS	Expresados como	Unidad	Criterios de calidad	
			Agua dulce	Agua marina y de estuario
Aluminio	Al	mg/l	0,1	1,5
Amoníaco Total	NH <sub>3</sub>	mg/l	-	0,4
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1	1
Berilio	Be	mg/l	0,1	1,5
Bifenilos policlorados	Concentración total de PCBs	µg/l	1	1
Boro	B	mg/l	0,75	5
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,005
Cianuros	CN	mg/l	0,01	0,01
Cinc	Zn	mg/l	0,03	0,015
Cloro residual total	Cl <sub>2</sub>	mg/l	0,01	0,01
Clorofenoles		mg/l	0,05	0,05
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2
Cobre	Cu	mg/l	0,005	0,005
Cromo total	Cr	mg/l	0,032	0,05
Estaño	Sn	mg/l		2
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1
Materia flotante de origen antrópico	visible		Ausencia	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,1
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	> 80%	> 60%

Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05
Plaguicidas organoclorados totales	Organoclorados totales	µg/l	10	10
Plaguicidas organofosforados totales	Organofosforados totales	µg/l	10	10
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,005
Plomo	Pb	mg/l	0,001	0,001
Potencial de Hidrógeno	pH		6,5 - 9	6,5 - 9,5
Selenio	Se	mg/l	0,001	0,001
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5
Nitritos	NO <sub>2</sub>	mg/l	0,2	
Nitratos	NO <sub>3</sub>	mg/l	13	200
DQO	DQO	mg/l	40	-
DBO5	DBO <sub>5</sub>	mg/l	20	-
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	max incremento de 10% de la condición natural	-

**Fuente:** TULSMA, 2015.

### 2.3.2. Respecto a los muestreos

Este informe no se basa en la práctica ni aplicación de muestreos para la determinación de los parámetros de la calidad de agua, pero es necesario proveer de información de ciertas consideraciones que se deben tomar para la realización de este, para futuras referencias.

Los muestreos deben seguir la Norma Técnica Ecuatoriana del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) 2226:2013: Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Diseño de los Programas de Muestreo.

La norma INEN (2013) establece “Los principios en el diseño de los programas de muestreo para el control de la calidad, caracterización de la calidad e identificación de las fuentes de contaminación en el agua, incluidos los sedimentos y los lodos”.

Éste señala que se deben tener en cuenta con respecto a la inspección del muestreo es que, para la selección de los sitios y posiciones de muestreo debe considerarse las mareas y algunas variaciones del viento, características de los lodos, cercanía a la línea costera, ciertas embarcaciones que pueden generar disturbios considerables en el cuerpo de agua, por lo tanto, la variación de su calidad en el sitio de muestreo designado (INEN, 2013).

#### **2.3.4. Consideraciones especiales en el muestreo**

La norma INEN (2013) dentro de sus estipulados da a conocer las consideraciones necesarias para realizar de manera correcta los muestreos de un cuerpo de agua, con la finalidad de obtener resultados favorables y realistas sobre la calidad del agua y de sus diferentes parámetros físicos, químicos, biológicos y radiológicos.

Específicamente la norma establece en detalle los niveles de concentración o la distribución de cargas de los parámetros físicos o químicos y de las especies biológicas de interés en la totalidad o parte del cuerpo de agua. Esto se deberá a un estudio de variabilidad del tiempo, flujo del agua, sistematización y acondicionamiento de las PTAR, condiciones meteorológicas, entre otros. (INEN, 2013).

Así, por ejemplo, para estuarios, aguas costaneras, mares y océanos, la norma INEN (2013) indica que deben ser claramente definidos los límites del área bajo investigación y se debe considerar su relación entre área de estudio y aquellas que queden contiguas al agua.

#### **2.4. Calidad del Agua del Estero Salado**

La calidad del agua está determinada por el uso final que tuvo para las diferentes actividades ya mencionadas, el cual regresa al sistema hidrológico con el tratamiento necesario para que no afecte al ecosistema marino.

Conociendo los factores principales tales como el incremento de la población, incluyendo las áreas de urbanización, el vertido de patógenos y

productos de alto contenido químico quienes destruyen potencialmente la calidad del agua.

Otros factores que están relacionados con la afectación de la condición del agua es la temperatura, el cual a su vez aumenta la contaminación por sedimentos, nutrientes, carbono orgánico disuelto, agentes patógenos, etc. (Quezada, 2019).

Con el fin de conocer la calidad del agua que tiene el Estero Salado, Lahmeyer (2000) indica que se realizaron muestreos para lograr determinar los valores de Oxígeno Disuelto (OD) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), los cuales están directamente relacionados.

Lahmeyer (2000) comenta que se tomaron en consideración varios puntos de análisis del Estero Salado para determinar la variabilidad del OD y la DBO<sub>5</sub>, tomando en consideración las condiciones de marea, teniendo en cuenta su flujo y reflujos, los cuales son dependientes de la intensidad de la precipitación existente.

Estos puntos de análisis fueron las seis estaciones: Puente de Las Monjas, Puente del Policentro, Puente de la Perimetral, Puente Portete, Puente 5 de junio y Puente de la calle 17, Puente Urdesa-Kennedy. (Lahmeyer - Cimentaciones, 2000).

Pero para el presente informe, sólo se tomará en cuenta aquella estación que corresponde al Tramo A del Estero Salado, siendo esta la que se encuentra en el puente Urdesa – Kennedy.

Los parámetros que más han sido evaluados y tomados en cuenta para el análisis de la calidad de agua según los datos obtenidos de los informes de Lahmeyer, son el Oxígeno Disuelto (OD) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), de los cuales el consultor comenta que:

- La precisión de los datos es parcial ya que no se conoce con exactitud los métodos realizados para el muestreo, ni el procedimiento ejecutado en laboratorio, por lo tanto, la confiabilidad de los resultados no puede ser justificadas.

- La característica que se logró constatar fue que los análisis fueron realizados con respecto a varios cuerpos de agua sin haber realizado muestreos repetitivos y consecutivos.
- Lo que si se detectó fue que la contaminación en los tramos altos (A y B) es mucho más alta que en los demás tramos, donde se obtuvieron resultados de  $\text{DBO}_5$  pueden elevarse hasta 111 mg/l caracterizándose como agua servida con poca mezcla.
- Según datos evaluados por datos promedio con respecto a épocas secas y lluviosas se constata que en el Tramo A el déficit de OD era alrededor del 75%, esto daba aproximadamente un 20mg/l de  $\text{DBO}_5$ .

De esta manera, Lahmeyer (2000) comenta que la contaminación y la demanda de oxígeno (proceso de putrefacción) son extremadamente altas en los tramos A y B, partes altas, donde pasa la gran parte de la descomposición de las cargas contaminantes.

#### **2.4.1. Oxígeno Disuelto (OD)**

El estudio realizado con respecto a este parámetro según aclara Lahmeyer (2000) indican variaciones de OD que permiten conocer que la respuesta hacia las precipitaciones que tiene el tramo A y B son muy rápidas.

Por ejemplo, luego de observar la variación de OD que contiene el agua del Estero a la altura del puente Las Monjas, en el cual hubo una lluvia fuerte un día anterior, se notó un pico de 3.5 mg/l comparado con concentraciones medidas de 1 mg/l, aquella variación va disminuyendo mientras sigue su curso hasta llegar al puente Portete que pertenece al tramo E, por lo tanto estos tramos internos son muy propensos a tener elevados valores de OD debido a las lluvias (Lahmeyer - Cimentaciones, 2000).

Panorama que no es el mismo a la altura del puente de la Perimetral, ya que no tiene la misma capacidad de respuesta que en los tramos internos (A y B), con esto se hace referencia a que cuando las lluvias cesan, el rango de variabilidad fluctúa entre 2 a 4 mg/l, esto quiere decir que no llega a condiciones extremas anóxicas (Lahmeyer - Cimentaciones, 2000).

#### **2.4.2. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

Lahmeyer (2000) indica que se puede observar valores promedio de la demanda bioquímica de oxígeno de 21 mg/l, pero éste disminuye llegando al tramo donde se encuentra el puente de la Perimetral, en el cual se encontraron valores mínimos de 15 mg/l.

Como se mencionó con anterioridad, la DBO<sub>5</sub> está directamente relacionado con el OD, ya que, si existe un déficit del oxígeno en el agua de estudio, el nivel de carga contaminante aumenta.

Según comenta Lahmeyer (2000), las concentraciones de DBO<sub>5</sub> con respecto a las condiciones mínimas de OD en varios sitios de muestreo, permite conocer que el grado de contaminación del Estero se clasifica como tipo IV (en relación con la clasificación de Huatear donde DBO<sub>5</sub> >15mg/l y OD>2).

El alto grado de contaminación de las aguas del Estero Salado se debe a que el oxígeno disuelto en su mayoría es consumido en el proceso de degradación de la materia orgánica, donde la falta del oxígeno y el registro de una alta salinidad del agua aumenta el crecimiento y propagación de hongos los cuales afectan al fitoplancton reduciendo la fotosíntesis para la producción de oxígeno.

Por ejemplo, en todos los tramos del Estero se indican valores muy bajos de las concentraciones de OD, en promedio a 1 mg/l. Mientras que cuando se encuentran bajas cargas de contaminantes, los valores de OD no llegan a más de 4 mg/l. Aun así, la DBO se reduce hasta 3 mg/l en el tramo durante la estación de lluvia considerado como moderadamente contaminado (Lahmeyer - Cimentaciones, 2000).

#### **2.5. Sistematización de proyectos para la recuperación del Estero Salado**

Existen varios proyectos con la finalidad de disminuir la contaminación que llega hacia el Estero.

Con la información obtenida a partir de fuentes como Lahmeyer-Cimentaciones y Ecuador Ecológico, se logró revisar ciertos detalles de aquellos proyectos que influyen de manera directa o indirecta hacia este cuerpo de agua, con la finalidad de mostrar las acciones que se toman con respecto la problemática ambiental que tiene el Estero Salado.

**Tabla 2.9: Las mejores alternativas propuestas para disminución de la contaminación en el Estero Salado por Lahmeyer - Cimentaciones.**

FUENTE	AÑO	PROYECTO	DETALLES
<b>LAHMEYER - CIMENTACIONES</b>	1998 - 2000	Revisión, reparaciones y limpieza en los colectores de AA.SS.	Se basó en la revisión de más de 130 km de colectores pertenecientes al sistema Parsons/Norte, los cuales se encontraban obstruidos casi al 100% por lodos y arenas. Incluyó la separación de estos materiales y el transporte a un depósito público.
			También se ha considerado la detección de ciertas conexiones erróneas y la corrección de aquellas, siempre y cuando estén dentro de los colectores y no de conexiones domiciliarias.
		Instalación de colectores y redes nuevas de AA. SS, en Área 1: Tanca Marengo - Alborada, Mapasingue, Los Ceibos y Prosperina.	Estos proyectos contemplaron la planificación y construcción de colectores y redes de tuberías, en terrenos casi planos y partes donde los colectores estaban debajo del nivel freático. Para esto se consideró tuberías de alta precisión e impermeabilización de estas. Así mismo, de técnicas de construcción diferentes para cada tramo (A y B).
Instalación de colectores y redes nuevas de AA. SS, en Área 2: Miraflores - 5 de junio, y Barcelona - 5 de junio.			

		Modificaciones y mejoras en partes de la red de alcantarillado pluvial	Este es uno de los proyectos que tuvo relevancia para lograr el Plan de recuperación de las aguas del Estero Salado, ya que constaba en la determinación de las variaciones y frecuencias de los caudales de aguas lluvias, restauración de cajas de registro y tuberías, cotas y dimensiones precisas para el correcto diseño en construcción civil.
		Construcción e instalación de las estaciones de bombeo "El Progreso" y "Ferroviaria"	Según los estudios de Factibilidad propuestos por Lahmeyer, explica que se consideraron dos estaciones por bombas a tornillos, en el caso de "El Progreso" se requerirían máximo 3 de estas bombas, mientras que en la "Ferroviaria" máximo 2. Cabe resaltar que estas bombas trabajaban con un caudal máximo de hasta 1.300 l/s.
		Pretratamiento mecánico y descarga al río en el sitio de El Progreso	Este proyecto abarcó diseños estructurales de las tuberías, diseños de las ejecuciones de las obras, información detallada de las cotas, dimensiones y accesorios en las partes de descarga ubicados en la orilla del sitio.

**Fuente:** Lahmeyer - Cimentaciones, 2000.

La Tabla 2.9 muestra las alternativas factibles propuestas en la consultoría realizada por la empresa Lahmeyer-Cimentaciones, para disminuir la contaminación que las industrias cercas a las riberas del Estero generaban con sus descargas de aguas, las cuales llegaban directamente al brazo de mar.

**Tabla 2.10: Proyectos realizados en el período 2003 - 2004 en el Tramo A del Estero Salado.**

<b>PROYECTO INTEGRAL PARA LA RECUPERACIÓN DEL ESTERO SALADO (PIRES)</b>	2003	Desvíos Temporales Tramos A y B	Esta obra consiste en la construcción de desvíos temporales para las cabeceras de los tramos A y B, el cual debe ser ejecutado y puesta en marcha según las especificaciones generales y técnicas del contrato, el cual incluye colocación de tuberías de desvíos, cámaras y estructuras de desvío como pozos de revisión, también cuenta con un sistema de compuertas y medidas de mitigación ambiental.
	2004	Sistema de Aireación	Este subproyecto se incluyó con el fin de disminuir el proceso de contaminación de las aguas del Estero Salado en los tramos del norte A, B y C. Para esto se construyó una estación experimental en el Tramo A el cual está junto a la Urbanización Las Garzas.

**Fuente:** Camacho, 2021.

En la Tabla 2.10 se puede revisar aquellas obras que ayudarían disminuir la carga de contaminación que llega al Estero proveniente de los sistemas de alcantarillado pluvial y sanitario en dicho tramo, como también para producir mejores condiciones biológicas al aumentar la oxigenación del agua.

**Tabla 2.11: Proyectos realizados en el período 2010 – 2014 según información del proyecto PRESIS.**

<b>PROYECTO PARA LA RECUPERACIÓN DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL: ESTERO SALADO E ISLA SANTAY (PRESIS)</b>	2010	Ensayo sobre alternativas de Biorremediación para el Estero Salado	Tres empresas contratistas (EQUILIBRATUM, NATURALITE Y LAB Z), optaron por colocar productos dosificados para recolectar sedimentos y aguas, con el fin de realizar y controlar ensayos de laboratorios, lo cuales involucraban parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en pruebas de calidad de aguas.
--	------	--	---

	2011	Oxigenación Forzada	El estudio y aplicación de este proyecto tuvo como finalidad la determinación de datos que sirvan para el diseño, instalación y puesta en operación de Estaciones de Súper Oxigenación, para así lograr confianza en los efectos del proceso del cuerpo de agua. Se toma en consideración dos estaciones (E1 y E2); E1 ubicada en Bosque Protector Salado Norte, Cdlra Kennedy; y E2 corresponde en el Parque en Urdesa Norte.
		Diseño integral, capacidad y características técnicas de los componentes de las estaciones de superoxigenación	Este proyecto se basó en el diseño del sistema de Oxigenación Forzada, para logara generar alrededor de 2mg/l de OD en un diámetro de 500 m, dentro de cinco años. Estos sistemas estaban destinados para mejorar la calidad del agua en los tramos A y B del Estero Salado, los cuales son los de mayor contaminación.
		Proyecto de Auditoría y Fiscalización: Análisis de seguimiento (Calidad de agua y Lodos) para la técnica de Oxigenación Forzada (Superoxigenación) aplicada en el Tramo A del Estero Salado	Esta auditoría tuvo como objetivo describir las variaciones de los parámetros físicos, químicos y bióticos del agua en el tramo A del Estero Salado para conocer las limitantes que condicionan la aplicación de la superoxigenación. De esta manera tener una información basta para eventual diseño y aplicación de estaciones de superoxigenación de mayor capacidad con mayores volúmenes de agua.
	2012	Actualización y caracterización de las descargas de aguas domésticas y alcantarillado pluvial que tienen como destino final el Estero Salado Fase1	El proyecto tuvo la finalidad de actualizar la información sobre las descargas que llegan al Estero Salado, tanto su determinación cuantitativa como cualitativa en los ramales principales que conforman al Estero. Parte del proyecto se basó en determinar la ubicación de los puntos de descargas de aguas domésticas y alcantarillado pluvial, con esta información y los análisis respectivos se buscó generar

			mapas temáticos de estos sitios.
		Caracterización biológica del Estero Salado en ramales con diferentes tipos de desarrollo urbano	Este proyecto buscó realizar diagnósticos biológicos para realizar un inventario de los recursos dentro del Estero Salado. Con esto se logró informar la situación actual de cada ramal principal del Estero, realizando estudios sobre las especies de fitoplancton, zooplancton, densidades de ictioplancton, tomando en consideración la avifauna e ictiofauna de por medio.
		Seguimiento y análisis de la técnica de Oxigenación Forzada (Superoxigenación) aplicada en el Tramo A del Estero Salado	El Ministerio de Ambiente mediante el proyecto "Generación y restauración de Áreas Verdes para la ciudad de Guayaquil - Guayaquil Ecológico" le dio la apertura a la ESPOL, para que realice el seguimiento y análisis evaluatorio de los resultados obtenidos del proyecto de superoxigenación puesto en marcha en 2012, en el Tramo A del Estero Salado. La ESPOL tuvo como fin determinar el grado y área de dispersión de OD, la tasa de consumo específico de oxígeno en los lodos, y la concentración de OD durante 24 horas consecutivas y finalmente definir según análisis de laboratorios la carga contaminante que provienen de sus descargas.
	2014	Sellado de tuberías clandestinas de aguas servidas que descargan en los ramales "A y B" del Estero Salado	Para este proyecto se registraron 63 puntos a taponar, por lo tanto, el objetivo principal fue realizar el sellado de las tuberías clandestinas de aguas servidas, a partir de información adjunta de estudios del sitio realizados por la ESPOL, para la determinación exacta de los lugares donde se encuentran las tuberías a darle el respectivo mantenimiento.

**Fuente:** Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE), 2017.

Finalmente, la Tabla 2.11 evidencia los proyectos, análisis y consultorías que se realizaron en el período 2010 – 2014, con el objetivo de integrar nuevos sistemas de regulación y mejora de calidad de aguas contaminadas, cuyos datos fueron proporcionados por el proyecto Ecuador Ecológico.

Otro de los proyectos que han ayudado para controlar la expansión descontrolada de la urbe fueron la construcción del Parques Lineales, tales como: Parque “Carlos Armando Romero Rodas” junto a la Universidad Católica, Parque Universidad Estatal de Guayaquil entre otros a lo largo del Estero, los cuales pertenecen al proyecto “Malecón del Salado” a cargo de la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil en el año 2009 donde se podrán observar gran variedad de flora, fauna y animales, junto a actividades que se realizan en sus riberas para fomentar el turismo paisajístico.



**Ilustración 1: Sector donde fue ubicado el proyecto "Parque Lineal - Universidad Católica", 2004.**

**Fuente:** M. I. Municipalidad de Guayaquil, 2021.



**Ilustración 2: Parque Lineal - Universidad Católica, 2009.**

**Fuente:** M. I. Municipalidad de Guayaquil, 2021.



**Ilustración 3: Vista donde se ubicaría la construcción del Parque Lineal Universidad de Guayaquil.**

**Fuente:** M. I. Municipalidad de Guayaquil, 2021.



**Ilustración 4: Parque Lineal Universidad Católica, 2009.**

**Fuente:** M. I. Municipalidad de Guayaquil, 2021.

## **2.6. Método de análisis para la determinación para el Índice de Calidad del Agua (ICA)**

Los índices permiten valorar aquellas aguas de usos específicos tales como el consumo humano, los cuales pueden provenir de cuerpos extensos como ríos, esteros, etc. Y así medir la calidad en diferentes tramos permitiendo la comparación espacial con otros similares (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2019).

El método que se utilizó para el análisis de la calidad del agua fue el de la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos (NSF).

### **2.6.1. Método de la Fundación Nacional de Saneamiento (NSF)**

El Índice de Calidad de Agua (ICA) o también conocido como “Water Quality Index” (WQI), se basa en modelos matemáticos considerando curvas de función para cada parámetro, obtenidos según varios análisis de contaminantes encontrados en las muestras de agua en estudios (Díaz, 2016).

Este índice es uno de los más usados para la valoración de la calidad de las aguas que son destinadas para consumo humano y biodiversidad acuática. Toma en consideración nueve parámetros, los cuales son:

- Coliformes Fecales (NMP/100 mL)
- Temperatura (°C)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5 en mg/L)
- Nitratos (mg/L)
- Fosfatos (mg/L)
- Oxígeno Disuelto (% saturación)
- Sólidos Disueltos Totales (mg/L)
- Turbidez (NTU)
- pH (Unidades de pH).

Este ICA considera pesos ponderados para cada parámetro los cuales fueron desarrollados por etapas, por medio del uso de la técnica de investigación Delphi de la “Rand Corporation’s” (Díaz, 2016).

Para lo cual, realizaron correlaciones entre la escala de clasificación basado en colores y la influencia de contaminación del agua para posteriormente realizar modelos matemáticos convirtiendo datos físicos en estos índices de calidad (Díaz, 2016).

**Tabla 2.12: Pesos Ponderados (NSF).**

<b>Parámetros</b>	<b>Peso Ponderado</b>
Oxígeno Disuelto en % Saturación	0,17
Demanda Bioquímica de Oxígeno	0,10
pH	0,12
Δ° Temperatura	0,10
Fosfatos	0,10
Nitratos	0,10
Sólidos Totales	0,08
Coliformes Fecales	0,15
Turbidez	0,08

**Fuente:** Díaz, 2016.

Los valores Q de cada parámetro se lo relacionan con los pesos, finalmente se realiza una sumatoria el cual permitirá obtener el valor del índice de Calidad del Agua y así lograr clasificarla según la escala de colores correspondiente.

La calidad del agua es identificada por medio de colores que corresponden a un valor en particular, de esta manera el agua que está en óptimas condiciones estará en un rango entre 90 a 100 puntos, mientras que la pésima condición tendrá un rango entre 0 a 25 puntos.

**Tabla 2.13: Criterio de Calidad de Agua según ICA.**

ICA-NSF	Grado de Calidad de Agua
90 - 100	Excelente
70 - 90	Buena
50 - 70	Media
25 - 50	Mala
0 - 25	Muy Mala

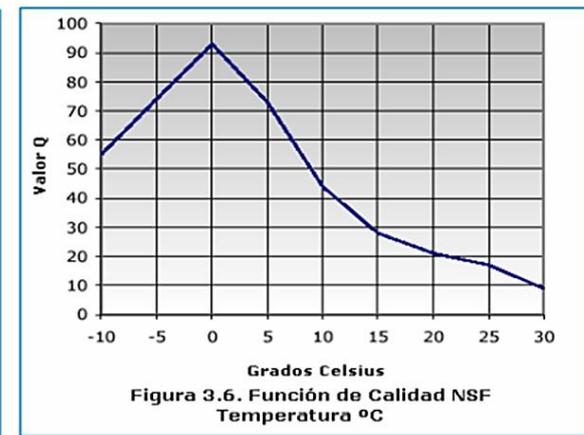
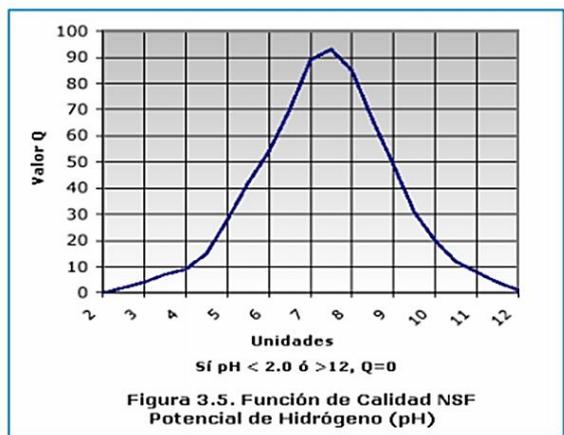
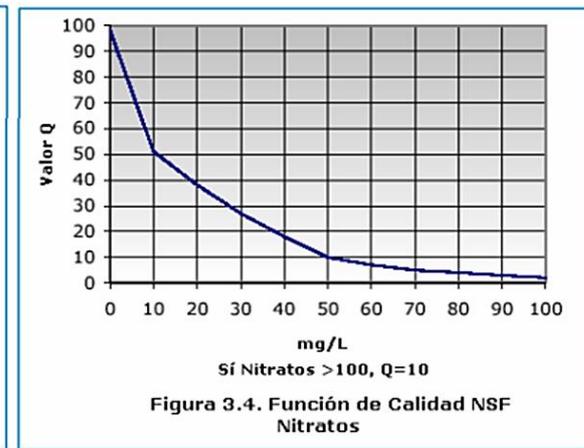
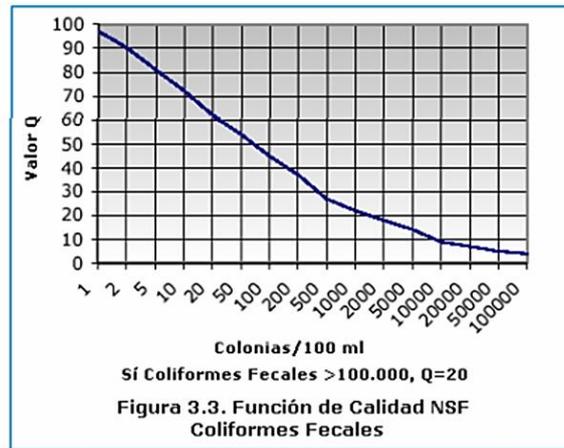
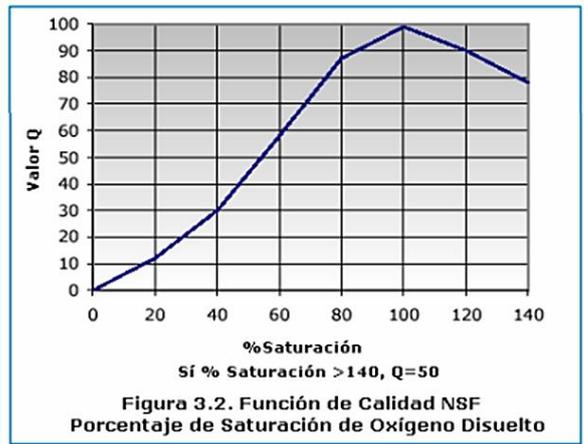
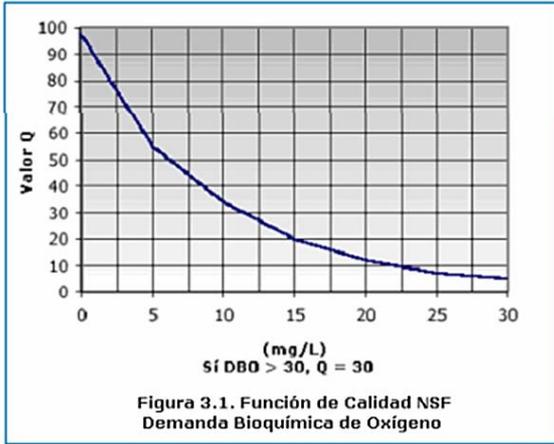
**Fuente:** Díaz, 2016.

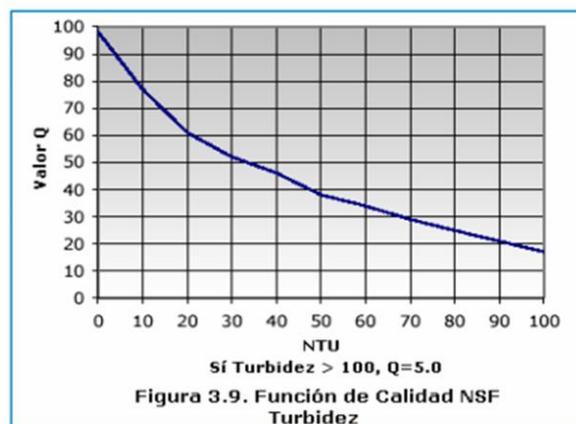
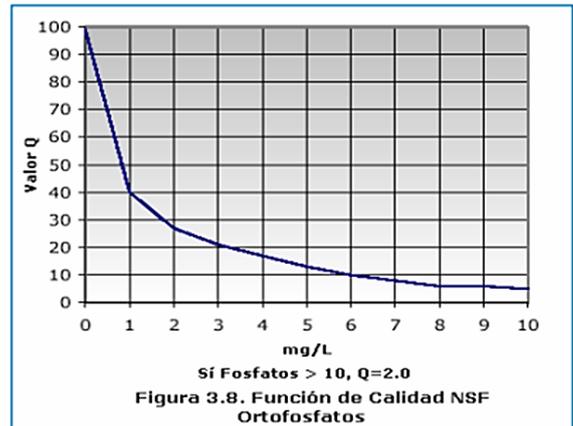
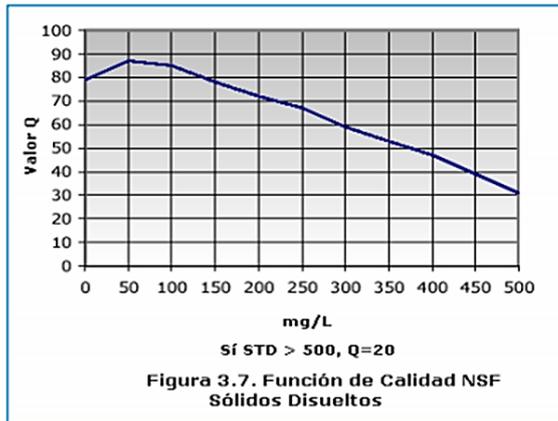
De esta manera, aquellas aguas que tengan valores mayores de 90 tienen la capacidad de desarrollar y mantener una excelente biodiversidad acuática.

Mientras que aquellas que tengan valores menores de 50 poseen algún tipo de contaminación en su composición, lo cual perjudicaría el óptimo desarrollo de la vida acuática y no sería apta para el consumo humano.

### **2.6.2. Curvas de función para estimación del valor de calidad (Q)**

Para la correcta obtención de la calidad de agua por medio del método NSF se necesita estimar el valor de calidad (Q) mediante curvas de función. Las mismas que fueron graficadas tomando en cuenta el uso de la media aritmética con un límite de confianza del 80% sobre este valor medio. (Díaz, 2016, pág. 30)





**Figura 2.3: Curvas de Función según NSF.**

**Fuente:** Boulder Area Sustainability Information Network (BASIN), 2005.

### 2.6.3. Estimación del ICA cuando existen parámetros faltantes

En el caso de que existan parámetros que no han sido considerados por los laboratorios al realizar los análisis de calidad de agua, el método NSF permite establecer un promedio con las ponderaciones de los parámetros faltantes, el cual permite aumentar cierto valor a los datos que sí se tienen.

Por ejemplo, en caso de no tener datos de Oxígeno Disuelto y de Temperatura, sus pesos ponderados (0.17 y 0.10) son promediados y divididos para la cantidad de parámetros de los cuales sí se tienen los datos completos, donde la proporción del peso sería 0.038; este valor será aumentado en cada parámetro y para comprobar se realiza la sumatoria de los pesos modificados, el cual no puede ser mayor que 1. Estos pesos modificados serán los que sirvan para el cálculo correspondiente para la obtención del índice de Calidad del Agua (ICA) (Díaz, 2016).

#### **2.6.4. Cambio de unidades del Oxígeno Disuelto**

El método NSF trabaja con valores de OD en porcentaje de saturación (%sat), por lo tanto, se realizó el cambio de unidades utilizando el monograma proporcionado por el Departamento de Administración Ambiental de Indiana, Estados Unidos. Este monograma está en función de la temperatura que registran los resultados de los análisis del agua y permite realizar la conversión desde mg/L a % de saturación (Díaz, 2016).

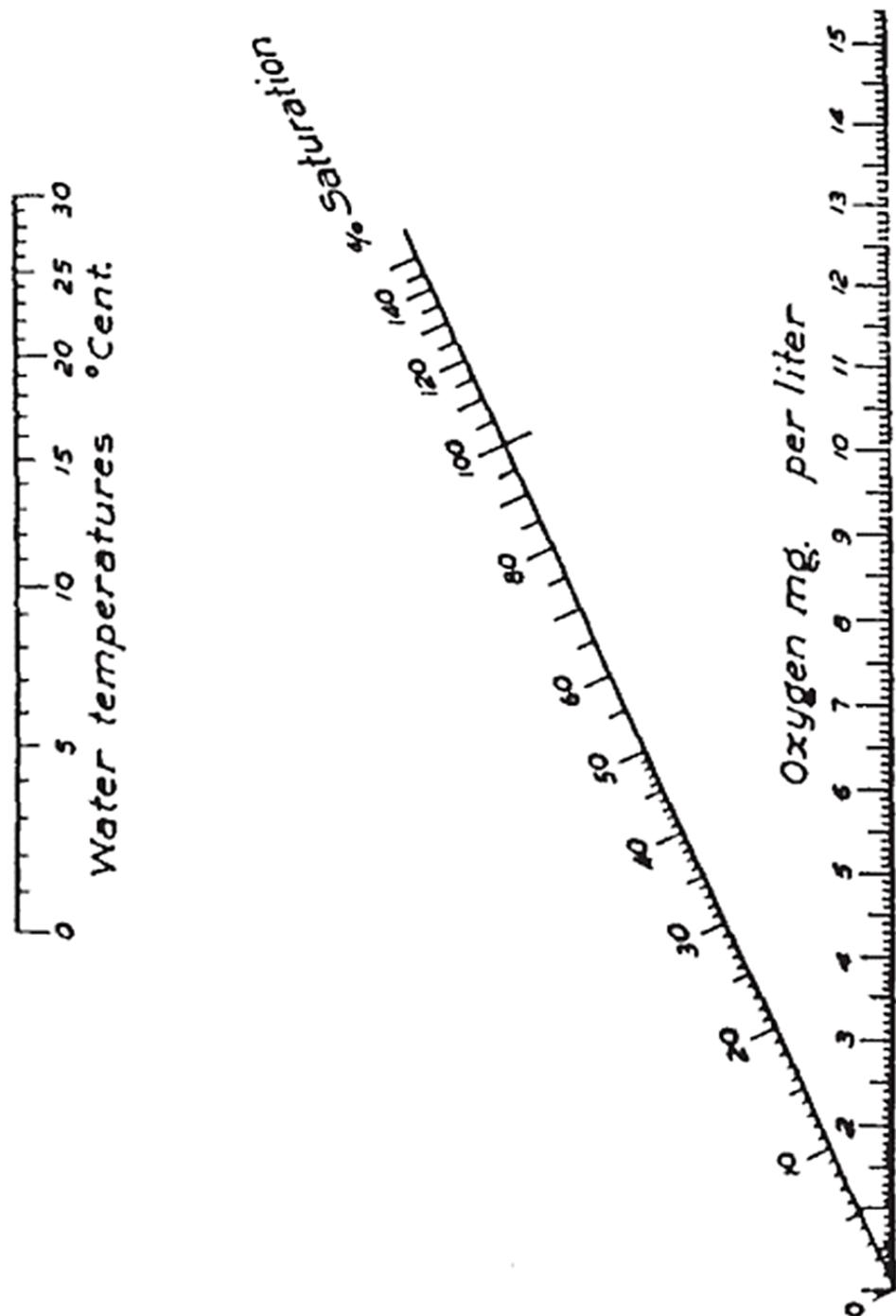


Figura 2.4: Porcentaje de Oxígeno Disuelto en función de la temperatura del agua.

Fuente: Departamento de Gestión Ambiental de Indiana (IDEM), 2019.

## **CAPÍTULO III**

### **3. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL ESTERO SALADO**

#### **3.1. Recopilación de Datos**

Esta parte del presente trabajo de titulación se basó en la obtención de datos sobre diferentes análisis de calidad de aguas en el Tramo A del Estero Salado, de los cuales se logró conseguir muestreos en el período 2010 – 2021.

Cabe resaltar que los datos base obtenidos no muestran información detallada sobre la muestra como, por ejemplo: procedimiento de tomas de muestras para análisis, nivel de marea, nivel de superficie en la que fue tomada la muestra, equipos utilizados, entre otros.

Los datos que son proporcionados por el dueño de los análisis consisten en números de muestreos, coordenadas de las estaciones, laboratorio encargado de realizar los respectivos análisis físicos-químicos-biológicos de las muestras, fecha del muestreo y los diferentes resultados de cada parámetro estudiado.

Principalmente se utilizaron los resultados de los análisis físicos-químicos-biológicos solicitados por EMAPAG a laboratorios que se especializan en este tipo de estudios, tales como: ANAVANLAB, Grupo Químico Marcos e INGESTUDIOS y de los análisis del proyecto de titulación “Análisis Comparativo de la Calidad del Agua de los Ramales A, B Puerto Lisa y Las Ranas del Estero Salado de la ciudad de Guayaquil, utilizando índices de Calidad Ambiental” presentado por la Ing. Amb. Katty Díaz.

**Tabla 3.1: Parámetros de Calidad de Agua en Ramal A (2010).**

PARÁMETROS	UNIDAD	COORDENADAS	
		621927, 9759224	621982, 9761488
<b>Oxígeno Disuelto</b>	%	29	9,09
<b>pH</b>	U de pH	7,12	7,32
<b>DBO5</b>	mg/L	2,64	1,36
<b>Nitratos</b>	mg/L	0,04	0,12
<b>Fosfatos</b>	mg/L	2,43	4,47
<b>Temperatura</b>	°C	25,6	26,9
<b>Sólidos Totales</b>	mg/L	6057	5956

Fuente: Díaz, 2016.

**Tabla 3.2: Parámetros de Calidad de Agua en Ramal A (2015).**

PARÁMETROS	UNIDAD	COORDENADAS			
		A1	A2	A3	A4
		621985, 9761499	622005, 9761103	622135, 9760227	622043, 9759706
<b>Oxígeno Disuelto</b>	%	91,4	34,8	80,6	54,6
<b>Coliformes Fecales</b>	NMP/100ml	16000	9200	35000	24000
<b>pH</b>	U de pH	7,1	7,1	7,5	7,2
<b>DBO5</b>	mg/L	3	10	7	8
<b>Nitratos</b>	mg/L	2,46	2,46	6,21	8
<b>Fosfatos</b>	mg/L	12,2	3,1	8,6	2,5
<b>Sólidos Totales</b>	mg/L	14310	6126	19678	21652

Fuente: Díaz, 2016.

**Tabla 3.3: Parámetros de Calidad de Agua en Ramal A (2016).**

PARÁMETROS	UNIDAD	COORDENADAS			
		A1	A2	A3	A4
		621985, 9761499	622005, 9761103	622135, 9760227	622043, 9759706
<b>Oxígeno Disuelto</b>	%	15,6	21,9	21	33,6
<b>Coliformes Fecales</b>	NMP/100ml	274000	176000	255000	20000
<b>pH</b>	U de pH	7,2	7,2	7,2	7,2
<b>DBO5</b>	mg/L	3	4	4	3
<b>Nitratos</b>	mg/L	8	8	8	8
<b>Fosfatos</b>	mg/L	2,2	2,2	2,1	1,8
<b>Sólidos Totales</b>	mg/L	5758	5194	7912	12158
<b>Temperatura</b>	°C	29,3	29,9	29,4	30,3
<b>Turbidez</b>	NTU	1,07	1,11	1,01	0,83

Fuente: Díaz, 2016.

**Tabla 3.4: Resultados de monitoreos período 2015 - 2021.**

FECHA DE MUESTREO	LONGITUD	LATITUD	LABORATORIO	DBO5	FOSFATOS	NITRATOS	OXÍGENO DISUELTO	SÓLIDOS SUSP. TOTALES	TURBIDEZ	pH IN SITU	TEMP.	COLIFORMES FECALES	
				mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	Unid. pH	°C	NMP/100mL	
2015	13/7/2015	622158	9760256	ANAVANLAB	38	5	30	4	49,9	43,1	7,4	27,4	180
	24/9/2015	622158	9760256	ANAVANLAB	188	3,4	8	4	49,8	180	7,3	27,6	920
2016	23/4/2016	622158	9760256	ANAVANLAB	93	1,4	5	8,2	49,7	142	6,7	26,9	110
	12/9/2016	622158	9760256	GRUPO QUIMICO MARCOS	6,2	2,905	3	5,48	17	6,14	7,25	27	509
2017	24/1/2017	622158	9760256	GRUPO QUIMICO MARCOS	18	1	5,7	0,38	7	2,58	7,11	28,7	918
	16/5/2017	622158	9760256	GRUPO QUIMICO MARCOS	4,56	0,72	1,22	2,5	8	3,56	7,16	29	1610
	16/3/2017	622158	9760256	GRUPO QUIMICO MARCOS	27	1,04	1,22	0,83	10	0,63	7,6	29,3	743,7
	27/11/2017	622158	9760256	INGEESTUDIOS	5,4	2,15	2,43	5,23	19	6,25	7,3	27,2	560
2018	19/7/2018	622158	9760256	INGEESTUDIOS	6,7	2,57	2,98	5,42	39,44	6,27	7,8	26	510
	17/3/2018	622158	9760256	INGEESTUDIOS	13,8	2,65	2,72	0,12	54	7,22	7,7	29	385
2019	14/8/2019	622158	9760256	INGEESTUDIOS	10,6	1,98	6	3,94	26	3,96	7,3	23,6	460
	27/6/2019	622158	9760256	INGEESTUDIOS	4,2	2,72	6	5,14	23	4,35	7,4	17,9	325
	17/10/2019	622158	9760256	INGEESTUDIOS	19,7	2,46	9,8	5,23	28	5,26	7,7	27,3	515
2020	19/12/2020	622153	9760297	ANAVANLAB	228	1,3	5	5,4	29,9	4,16	7,2	27,1	2420
	31/10/2020	622148	9760294	ANAVANLAB	278	0,99	4,9	3,4	29,8	3,9	7	26,6	2420
2021	27/2/2021	622150	9760265	ANAVANLAB	128	4,6	7	2,6	29,7	4,6	7,2	28,9	3100

**Fuente:** Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guayaquil (EMAPAG), 2021.

### 3.2. Análisis y resultados de los monitoreos de la calidad del agua del Estero Salado

La información que se obtuvo de las estaciones de muestreos principalmente son las respectivas coordenadas, tomando en cuenta sólo aquellas que pertenecían al Tramo A, correspondientes al ramal del sector Urdesa – Kennedy, cuestión de estudio. Estas estaciones fueron tabuladas, tal como se muestran en la Tabla 3.5:

**Tabla 3.5: Estaciones de muestreos en el Tramo A con sus respectivas coordenadas UTM.**

AÑO	ESTACIÓN	COORDENADAS	
		X	Y
2010	A0	621927	9759224
	A0,1	621982	9761488
2015 - 2016	A1	621985	9761499
	A2	622005	9761103
	A3	622135	9760227
	A4	622043	9759706
2015 - 2019	A5	622158	9760256
2020	A6	622153	9760297
	A7	622148	9760294
2021	A8	622150	9760265

**Fuente:** Elaboración propia.



**Ilustración 5: Mapa con ubicación de estaciones de monitoreos 2010-2021.**

Fuente: Google Earth.

### **3.3. Resultados de análisis vs normativa ambiental aplicable**

Según los resultados de los monitoreos en el Estero Salado en el período 2015 – 2021, se puede notar la variación de los valores en los parámetros muestreados con respecto a los límites de la norma TULSMA mostrado en el apartado 2.3 - Tabla 2.8; los resultados de los monitoreos se muestran en la Tabla 3.4.

Posteriormente, se realizó la comparación de estos parámetros con cada uno de los límites esto permitió conocer cuales cumplen con la normativa y aquellos que no.

Se puede evidenciar la relación entre la DBO y el OD, donde según el Gráfico 3, la mayoría de los valores de OD están por debajo del nivel mínimo (2015 – 2021), esto influye directamente en los valores de DBO, los cuales se muestran elevados (Gráfico 1) por la falta de oxigenación que un cuerpo de mar debe tener para que exista un buen progreso de la vida acuática.

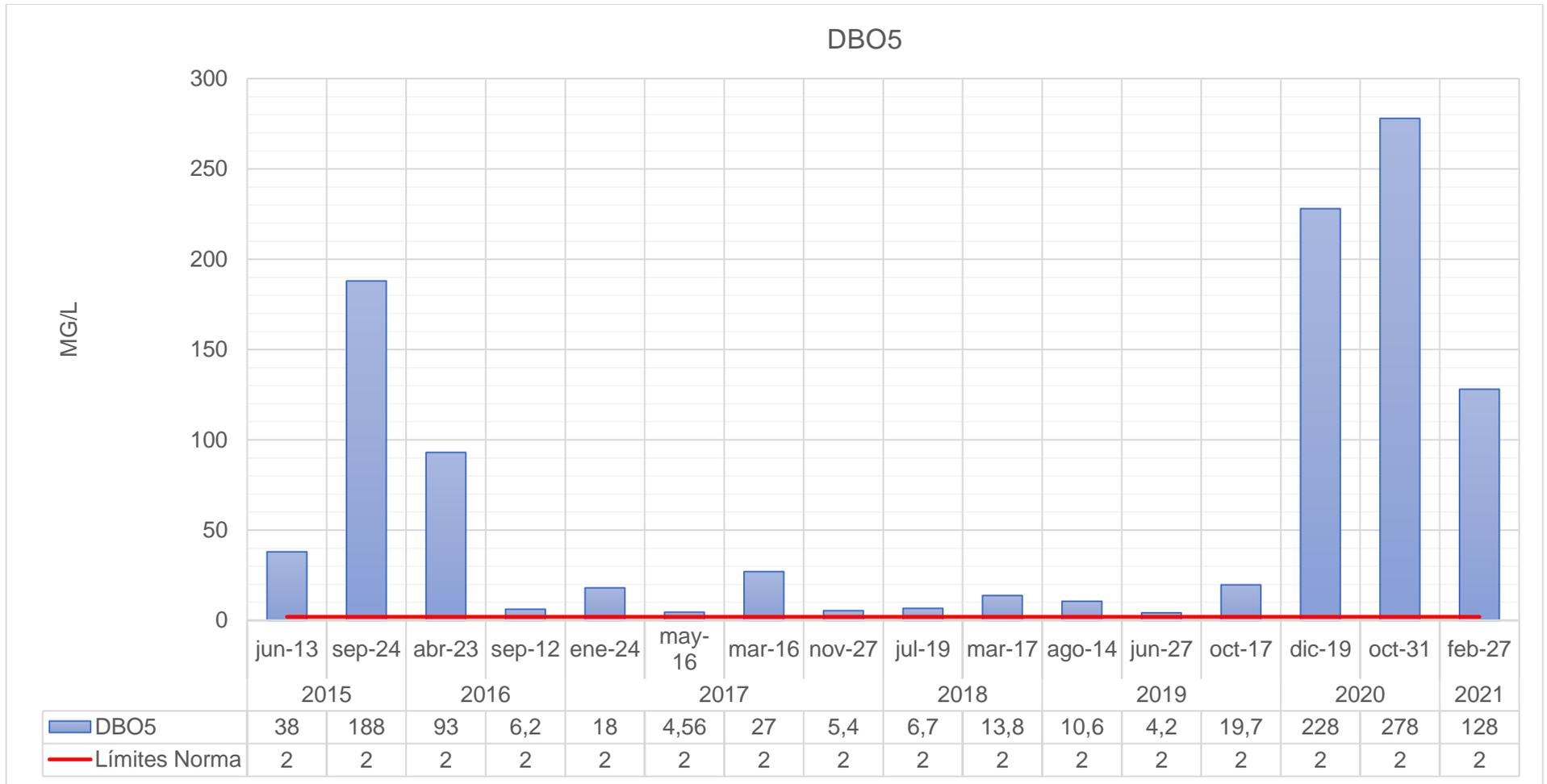
Con respecto al Gráfico 2, para el parámetro de nitratos se puede observar que los valores registran resultados que no sobrepasan los límites de la norma ( $< 50$  mg/L), este es un indicador de la cantidad de bacterias que oxidan el nitrógeno orgánico presente en el agua, por lo tanto, esto evidencia que existe contaminación por descargas domésticas.

En cuanto a la Turbidez (Gráfico 4), el cual permite conocer sobre la cantidad de contenido de materia residual en suspensión, los resultados en los años 2015 – 2016 muestran valores elevados pasando el límite (10 NTU) estipulado por el TULSMA, mientras que, para los años siguientes los valores se reducen considerablemente, en un promedio de 4.93 NTU. Sin embargo, aquel promedio permite estimar que existe cierto grado de contaminación por aguas sin desinfección.

Para los resultados de pH, tal como se muestra en el Gráfico 5, se logra observar que sus valores en promedio (7.32) se mantienen dentro del rango que permite la norma (6 – 9); por lo que se puede intuir que, si la calidad del agua dependiera sólo de este parámetro, existiría un buen acondicionamiento para el desarrollo de la vida biológica, situación que no

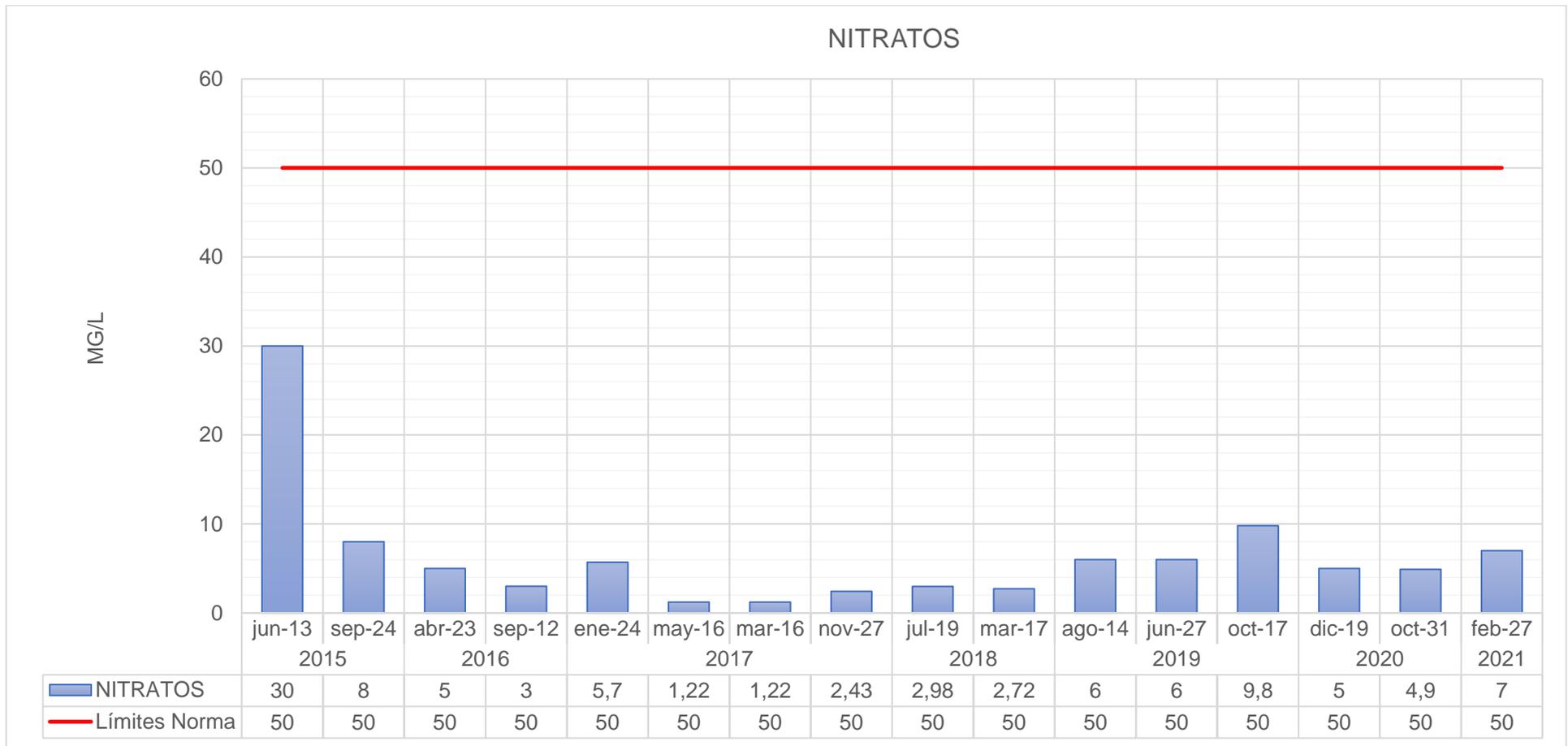
es real. De la misma manera sucede con la Temperatura (Gráfico 6), donde los resultados arrojan un promedio de 25.26°C están dentro del límite de la norma (< 32°C).

Cabe resaltar que el Estero Salado muestra contaminación por aguas residuales domésticas, esto se puede observar revisando el Gráfico 7, el cual hace referencia al análisis sobre coliformes fecales, donde sus valores son elevados sobrepasando los 1000 NMP/ 100ml que estipula la normativa, esto sucede según el registro de monitoreos desde 2015 hasta el 2021.



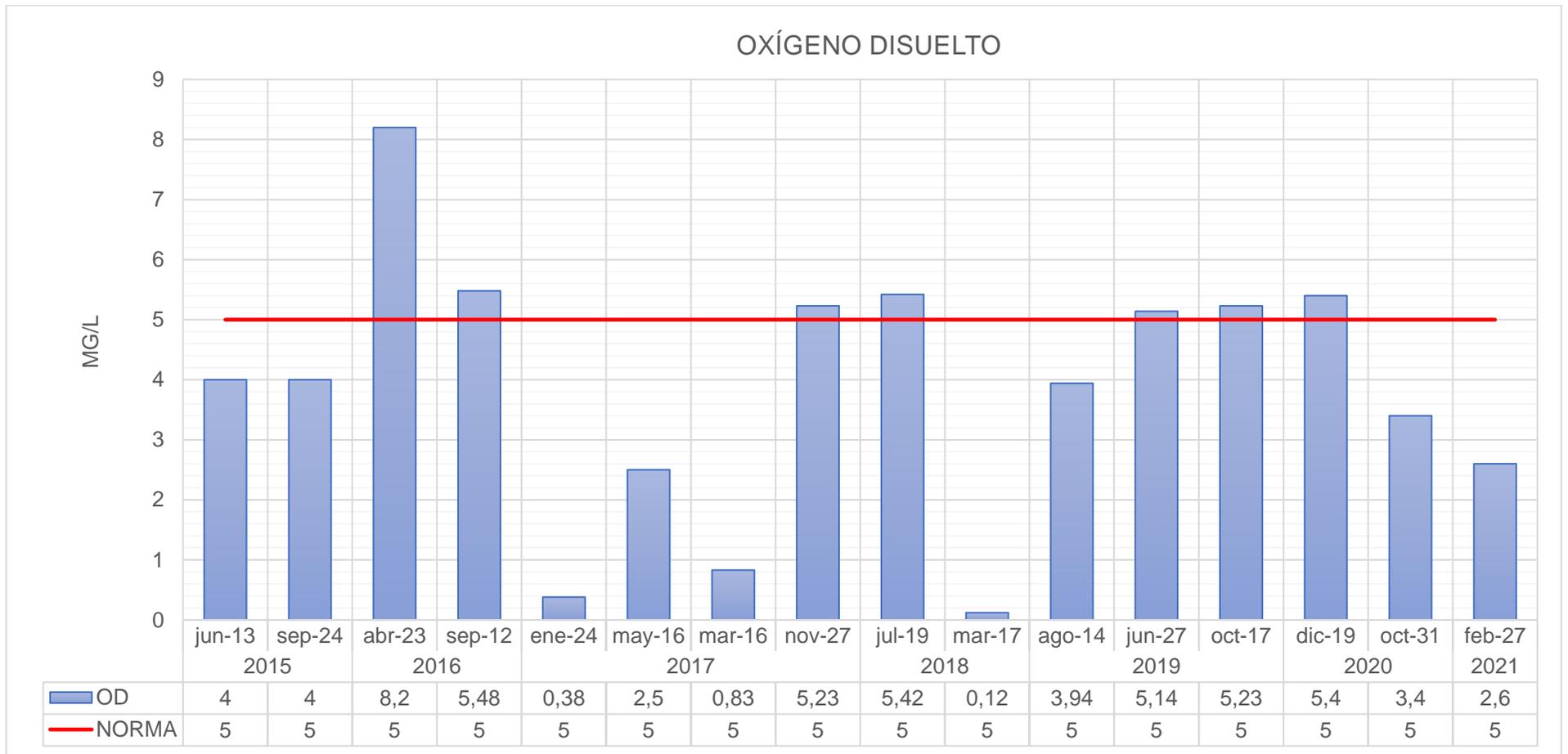
**Gráfico 1: Valores de DBO5 vs Límite norma TULSMA.**

**Fuente:** Elaboración propia.



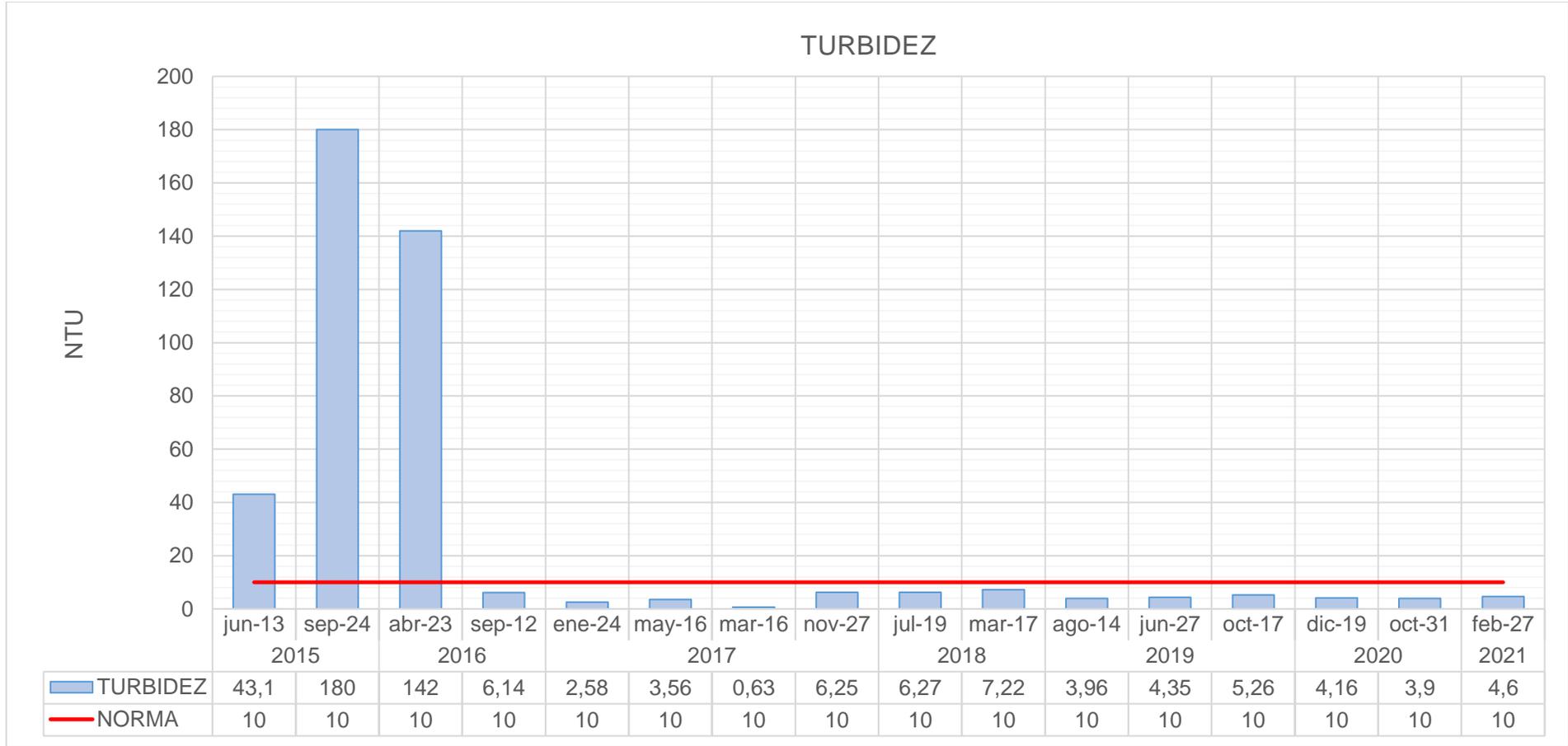
**Gráfico 2: Valores de Nitratos vs Límite norma TULSMA.**

**Fuente:** Elaboración propia.



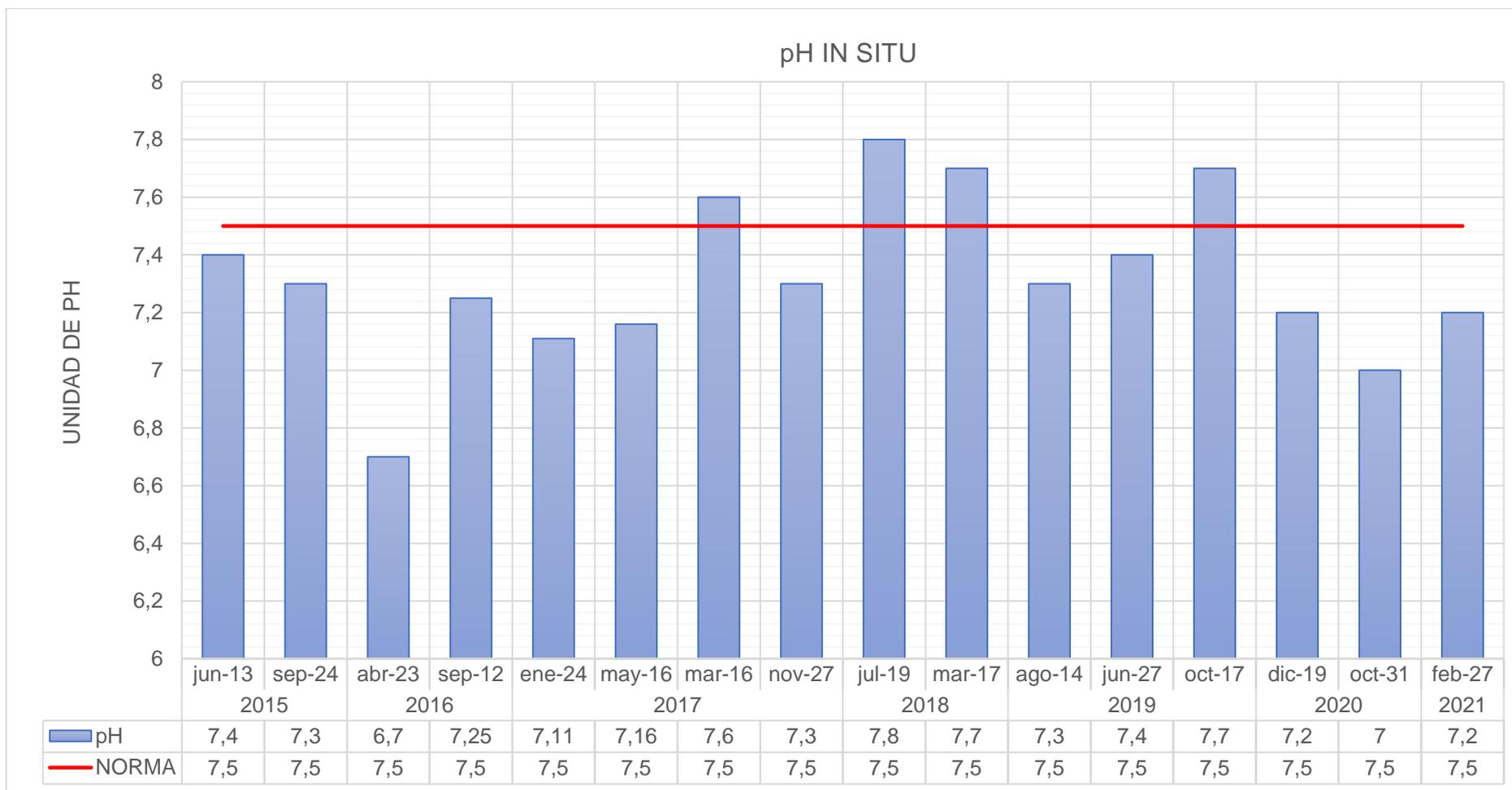
**Gráfico 3: Valores de Oxígeno Disuelto vs Límite norma TULSMA.**

**Fuente:** Elaboración propia.



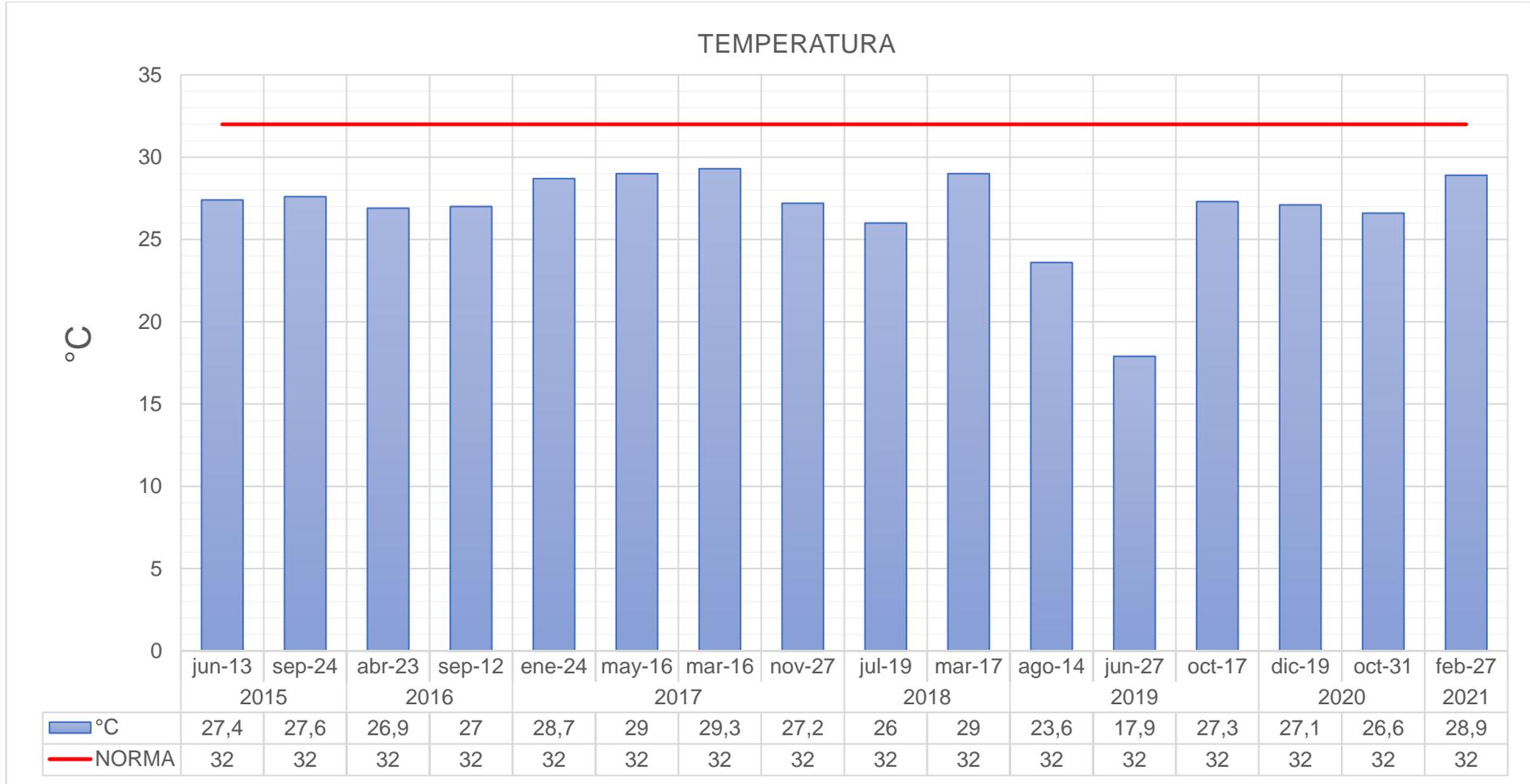
**Gráfico 4: Valores de Turbidez vs Límite norma TULSMA.**

Fuente: Elaboración propia.



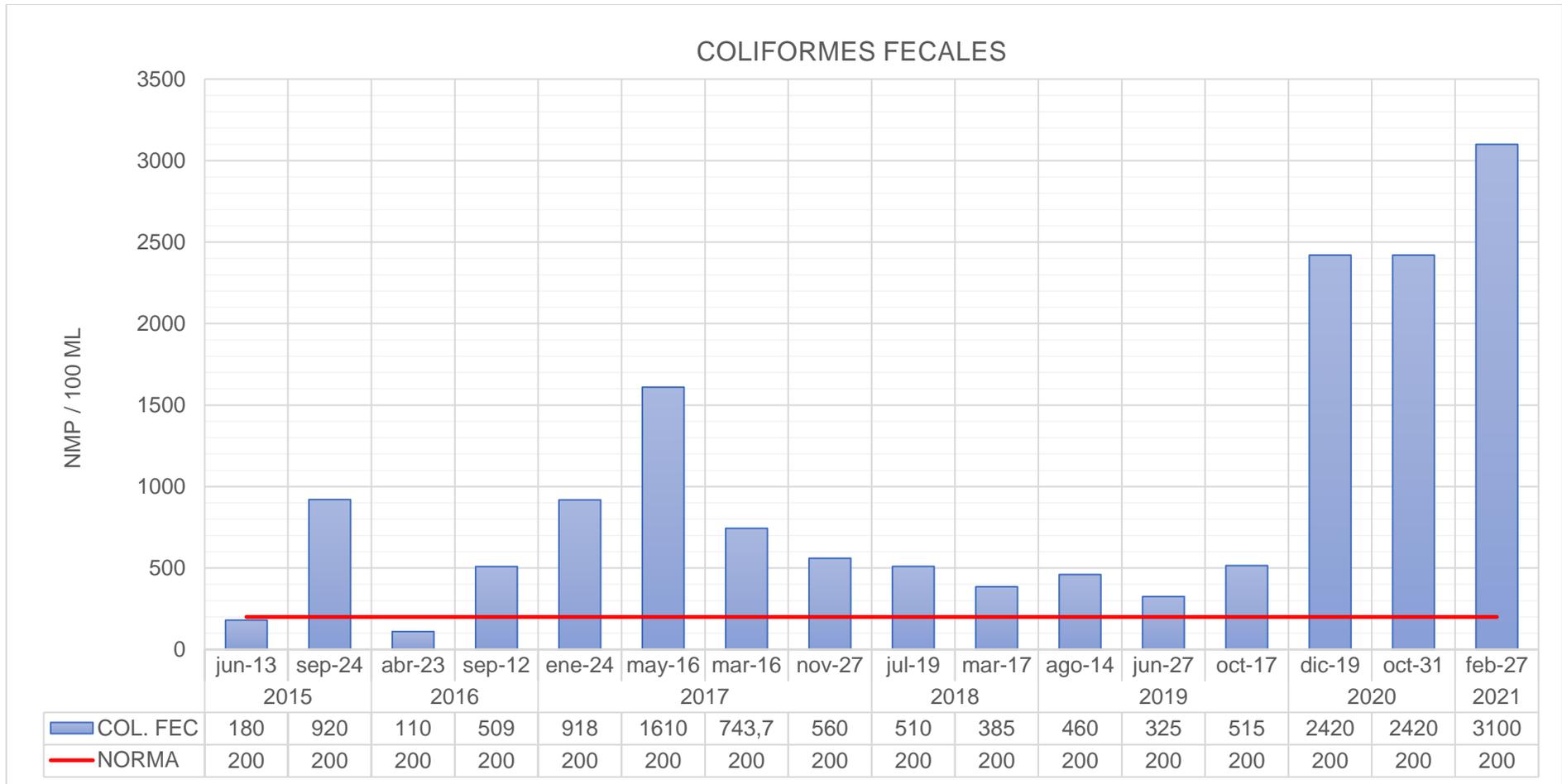
**Gráfico 5: Valores de pH vs Límite norma TULSMA.**

**Fuente:** Elaboración propia.



**Gráfico 6: Valores de Temperatura vs Límite norma TULSMA.**

**Fuente:** Elaboración propia.



**Gráfico 7: Valores de Coliformes Fecales vs Límite norma TULSMA.**

**Fuente:** Elaboración Propia.

### **3.4. Modelación de la calidad del agua del Estero Salado utilizando el método NSF**

Para obtener el ICA de manera correcta, se realizaron ciertas consideraciones con respecto a los datos y análisis proporcionados por los distintos laboratorios, uno de ellos fue la corrección de los valores de OD, los cuales estaban en unidades de mg/L.

Por otro lado, otra de las consideraciones realizadas al momento de tabular la información de los análisis de calidad de agua en las estaciones estudiadas por EMAPAG, fue la de no tomar en cuenta el parámetro de Sólidos Suspendidos, ya que el método NSF junto con sus curvas de función contemplan los Sólidos Disueltos.

Dicho esto, se procedió a utilizar el método tal como lo especifica cuando existen parámetros faltantes, considerando el peso ponderado relacionado con el número de parámetros a disposición, agregándole su equivalente a cada uno de éstos.

Posteriormente, con la ayuda de las curvas de función de cada parámetro, se obtuvieron los valores Q, para cada análisis de agua, desde el año 2010 al 2021, con respecto al número de muestreos que se realizaron por año y por estación (A0 – A8).

De esta manera, se tabuló por año un resumen de los valores Q estimados desde las curvas, cuyos valores fueron multiplicados por su respectivo peso ponderado, donde al realizar una sumatoria de todos los parámetros estudiados por año; nos permitió conocer el ICA en aquel año y en aquella estación.

Se recuerda que son ocho los parámetros para el caso de datos obtenidos de EMAPAG y siete los parámetros refiriéndose a datos del proyecto de titulación anteriormente mencionada.

**Tabla 3.6: Índice de Calidad de Agua en el año 2010.**

Parámetros de Calidad de Agua en Ramal A (2010)						
ESTACIONES						
Parámetros / Coordenadas	A0			A0,1		
	621927, 9759224			621982, 9761488		
<b>QOD</b>	20	3,4	3,433	5	0,85	0,883
<b>QpH</b>	90	10,8	10,833	93	11,16	11,193
<b>QDBO5</b>	78	7,8	7,833	87	8,7	8,733
<b>QNitratos</b>	99,8	9,98	10,013	99,65	9,965	9,998
<b>QFosfatos</b>	26	2,6	2,633	14,8	1,48	1,513
<b>QTemperatura</b>	16	1,6	1,633	14,7	1,47	1,503
<b>QS.T</b>	20	1,6	1,633	20	1,6	1,633
		<b>ICA</b>	<b>38,01</b>		<b>ICA</b>	<b>35,46</b>
<b>Valor Datos Faltantes</b>	0,033					

**NOTA:** Por la falta de los parámetros turbidez y coliformes fecales se suman sus pesos y se lo divide para el número de parámetros obtenidos, y éste valor es sumado a cada parámetro.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 3.7: Índice de Calidad de Agua en el año 2015.**

Parámetros de Calidad de Agua en Ramal A (2015)												
ESTACIONES												
	A1			A2			A3			A4		
Parámetros / Coordenadas	621985, 9761499			622005, 9761103			622135, 9760227			622043, 9759706		
QOD	94	15,98	16,01	26	4,42	4,45	90	15,3	15,33	50	8,5	8,53
QCol.Fles	8	1,2	1,23	12	1,8	1,83	6	0,9	0,93	9,5	1,425	1,45
QpH	91	10,92	10,95	91	10,92	10,95	94	11,28	11,31	92	11,04	11,07
QDBO5	68	6,8	6,83	34	3,4	3,43	47	4,7	4,73	40	4	4,03
QNitratos	90	9	9,03	90	9	9,03	72	7,2	7,23	65	6,5	6,53
QFosfatos	2	0,2	0,23	20	2	2,03	7,5	0,75	0,78	25	2,5	2,53
QS.T	20	1,6	1,63	20	1,6	1,63	20	1,6	1,63	20	1,6	1,63
		ICA	45,88		ICA	33,32		ICA	41,91		ICA	35,75
<b>Valor Datos Faltantes</b>	<b>0,026</b>											

**NOTA:** Por la falta de los parámetros temperatura y turbidez se suman sus pesos y se lo divide para el número de parámetros obtenidos, y éste valor es sumado a cada parámetro.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 3.8: Índice de Calidad de Agua en el año 2016.**

Parámetros de Calidad de Agua en Ramal A (2016)									
ESTACIONES									
	A1		A2		A3		A4		
Parámetros / Coordenadas	621985, 9761499		622005, 9761103		622135, 9760227		622043, 9759706		
QOD	8	1,36	15	2,55	14	2,38	32	5,44	
QCol.Fles	20	3	20	3	20	3	8,5	1,275	
QpH	91,5	10,98	91,5	10,98	91,5	10,98	91,5	10,98	
QDBO5	70	7	60	6	60	6	70	7	
QNitratos	65	6,5	65	6,5	65	6,5	65	6,5	
QFosfatos	26	2,6	26	2,6	25	2,5	23	2,3	
Q°T	9,9	0,99	9,8	0,98	9,85	0,985	9,8	0,98	
Qturbidez	98	7,84	97,8	7,824	98,7	7,896	99	7,92	
		ICA	43,77		ICA	43,95		ICA	46,08

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 3.9: Índice de Calidad de Agua en el año 2015 con datos base de EMAPAG.**

Parámetros de Calidad de Agua en Ramal A (2015)				
ESTACIÓN	A5			
COORDENADAS	622158			
	9760256			
PARÁMETROS	jun-13		sep-24	
QDBO5	30	3	30	3
QFosfatos	12	1,2	18,5	1,85
QNitratos	28	2,8	52	5,2
QOD	45	7,65	45	7,65
QS.T	88	7,04	88	7,04
Qturbidez	45	3,6	5	0,4
QpH	92	11,04	91	10,92
QCol.Fles	90	13,5	10	1,5
	ICA	54,16		40,83

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3.10: Índice de Calidad de Agua en el año 2016 con datos base de EMAPAG.**

Parámetros de Calidad de Agua en Ramal A (2016)				
ESTACIÓN	A5			
COORDENADAS	622158			
	9760256			
PARÁMETROS	abr-23		sep-12	
QDBO5	30	3	47	4,7
QFosfatos	35	3,5	21	2,1
QNitratos	75	7,5	80	8
QOD	100	17	70	11,9
Qturbidez	5	0,4	83	6,64
QpH	75	9	92	11,04
Q°T	12,5	1,25	12	1,2
QCol.Fles	98	14,7	27,5	4,125
	ICA	61,25	ICA	54,03

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3.11: Índice de Calidad de Agua en el año 2017 con datos base de EMAPAG.**

Parámetros de Calidad de Agua en Ramal A (2017)								
ESTACIÓN	A5							
COORDENADAS	622158							
	9760256							
PARÁMETROS	ene-24		may-16		mar-16		nov-27	
QDBO5	12	1,2	57	5,7	7	0,7	52	5,2
QFosfatos	40	4	51	5,1	39	3,9	25	2,5
QNitratos	73,5	7,35	99	9,9	99	9,9	90	9
QOD	2	0,34	20,5	3,485	5,5	0,935	65	11,05
Qturbidez	97	7,76	95	7,6	99	7,92	85	6,8
QpH	89	10,68	88,7	10,644	93	11,16	91	10,92
Q°T	11	1,1	10	1	9,5	0,95	12	1,2
QCol.Fles	5	0,75	20	3	9,5	1,425	26	3,9
	ICA	36,07		50,47		40,10		54,97

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3.12: Índice de Calidad de Agua en el año 2018 con datos base de EMAPAG.**

Parámetros de Calidad de Agua en Ramal A (2018)				
ESTACIÓN	A5			
COORDENADAS	622158			
	9760256			
PARÁMETROS	jul-19		mar-17	
QDBO5	48	4,8	24,5	2,45
QFosfatos	23	2,3	22	2,2
QNitratos	90	9	91	9,1
QOD	61,5	10,46	2	0,34
Qturbidez	86	6,88	84	6,72
QpH	87	10,44	86,5	10,38
Q°T	15	1,5	9,5	0,95
QCol.Fles	27	4,05	30	4,5
	ICA	53,72		39,83

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3.13: Índice de Calidad de Agua en el año 2019 con datos base de EMAPAG.**

Parámetros de Calidad de Agua en Ramal A (2019)						
ESTACIÓN	A5					
COORDENADAS	622158					
	9760256					
PARÁMETROS	ago-14		jun-27		oct-17	
QDBO5	29,5	2,95	64	6,4	11,5	1,15
QFosfatos	29	2,9	21	2,1	25	2,5
QNitratos	70	7	70	7	51	5,1
QOD	33	5,61	47	7,99	62	10,54
Qturbidez	93	7,44	92	7,36	90	7,2
QpH	91,5	10,98	91,8	11,016	91,5	10,98
Q°T	18,5	1,85	24	2,4	12,5	1,25
QCol.Fles	28	4,2	33,5	5,025	27	4,05
	ICA	46,66		53,58		46,49

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3.14: Índice de Calidad de Agua en el año 2020 con datos base de EMAPAG.**

Parámetros de Calidad de Agua en Ramal A (2020)				
ESTACIONES	A6		A7	
COORDENADAS	622153		622148	
	9760297		9760294	
PARÁMETROS	dic-19		oct-31	
QDBO5	30	3	30	3
QFosfatos	37	3,7	40	4
QNitratos	70	7	70,5	7,05
QOD	70	11,9	32	5,44
Qturbidez	90	7,2	91	7,28
QpH	91,5	10,98	90	10,8
Q°T	13	1,3	14	1,4
QCol.Fles	17	2,55	17	2,55
	ICA	51,77		45,13

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3.15: Índice de Calidad de Agua en el año 2021 con datos base de EMAPAG.**

Parámetros de Calidad de Agua en Ramal A (2021)		
ESTACIÓN	A8	
COORDENADAS	622150	
	9760265	
PARÁMETROS	feb-27	
QDBO5	30	3
QFosfatos	15	1,5
QNitratos	62	6,2
QOD	21,5	3,655
Qturbidez	90	7,2
QpH	91	10,92
Q°T	10	1
QCol.Fles	18	2,7
	ICA	39,32

Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizado el análisis correspondiente, los resultados fueron tabulados para mejor comprensión y manipulación de estos. Aquellos fueron clasificados por año con su respectiva estación del cual fue tomada la muestra original:

**Tabla 3.16: Resultados de Índices de Calidad del Agua en el Tramo A del Estero Salado período 2010 - 2021.**

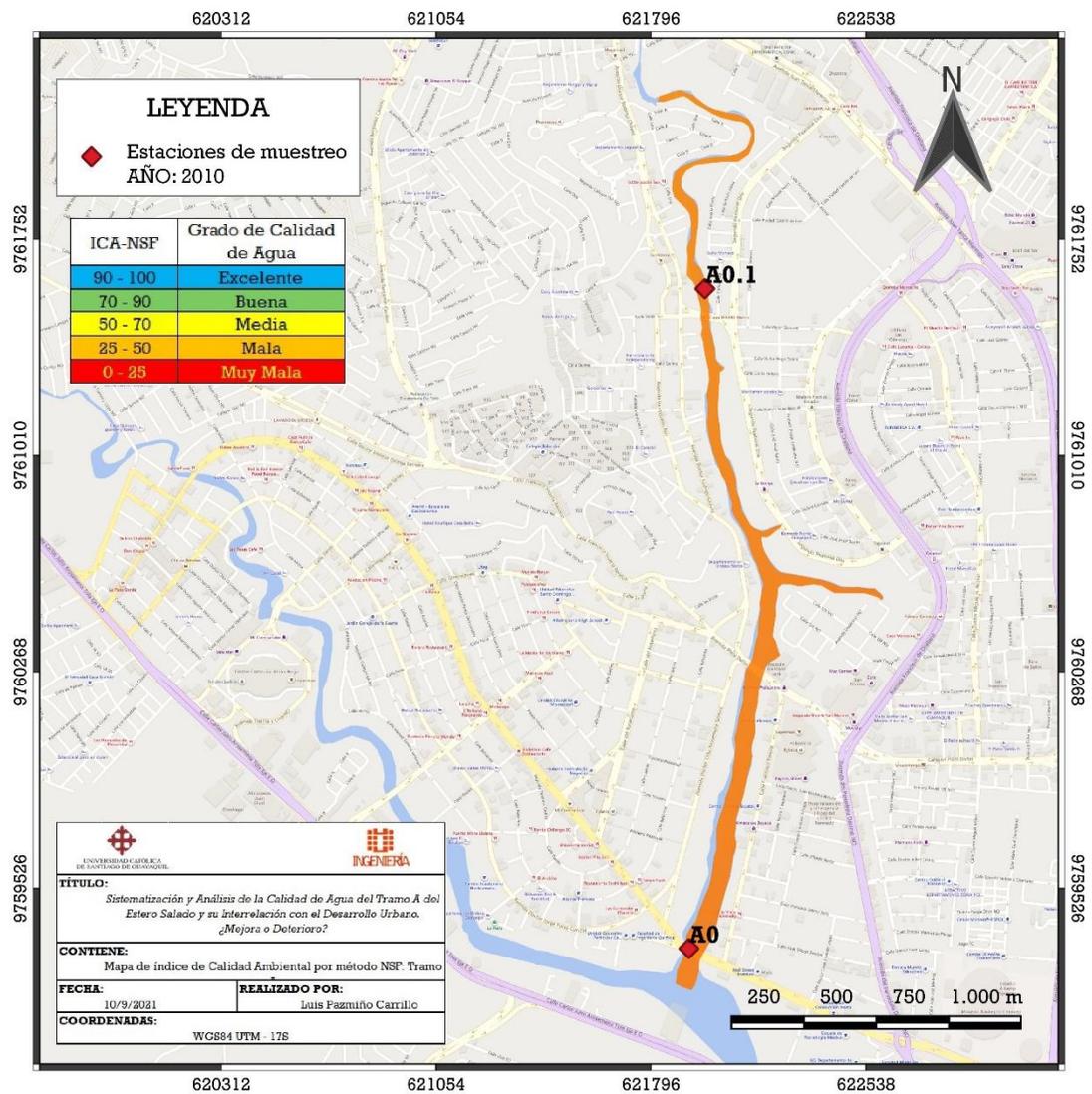
AÑO	ESTACIÓN	COORDENADAS	ICA
2010	A0	621927, 9759224	38,01
2010	A0,1	621982, 9761488	35,46
2015	A1	621985, 9761499	45,88
2015	A2	622005, 9761103	33,32
2015	A3	622135, 9760227	41,91
2015	A4	622043, 9759706	35,75
2015	A5	622158, 9760256	54,16
2015	A5	622158, 9760256	40,83
2016	A1	621985, 9761499	43,77
2016	A2	622005, 9761103	43,95
2016	A3	622135, 9760227	43,74
2016	A4	622043, 9759706	46,08
2016	A5	622158, 9760256	61,25
2016	A5	622158, 9760256	54,03
2017	A5	622158, 9760256	36,07
2017	A5	622158, 9760256	50,47
2017	A5	622158, 9760256	40,10
2017	A5	622158, 9760256	54,97
2018	A5	622158, 9760256	53,72
2018	A5	622158, 9760256	39,83
2019	A5	622158, 9760256	46,66
2019	A5	622158, 9760256	53,58
2019	A5	622158, 9760256	46,49
2020	A6	622153, 9760297	51,77
2020	A7	622148, 9760294	45,13
2021	A8	622150, 9760265	39,32

**Fuente:** Elaboración propia.

Con esta información se logró generar modelaciones que permiten verificar de manera gráfica estas variaciones del ICA, los cuales estarán clasificados por año.

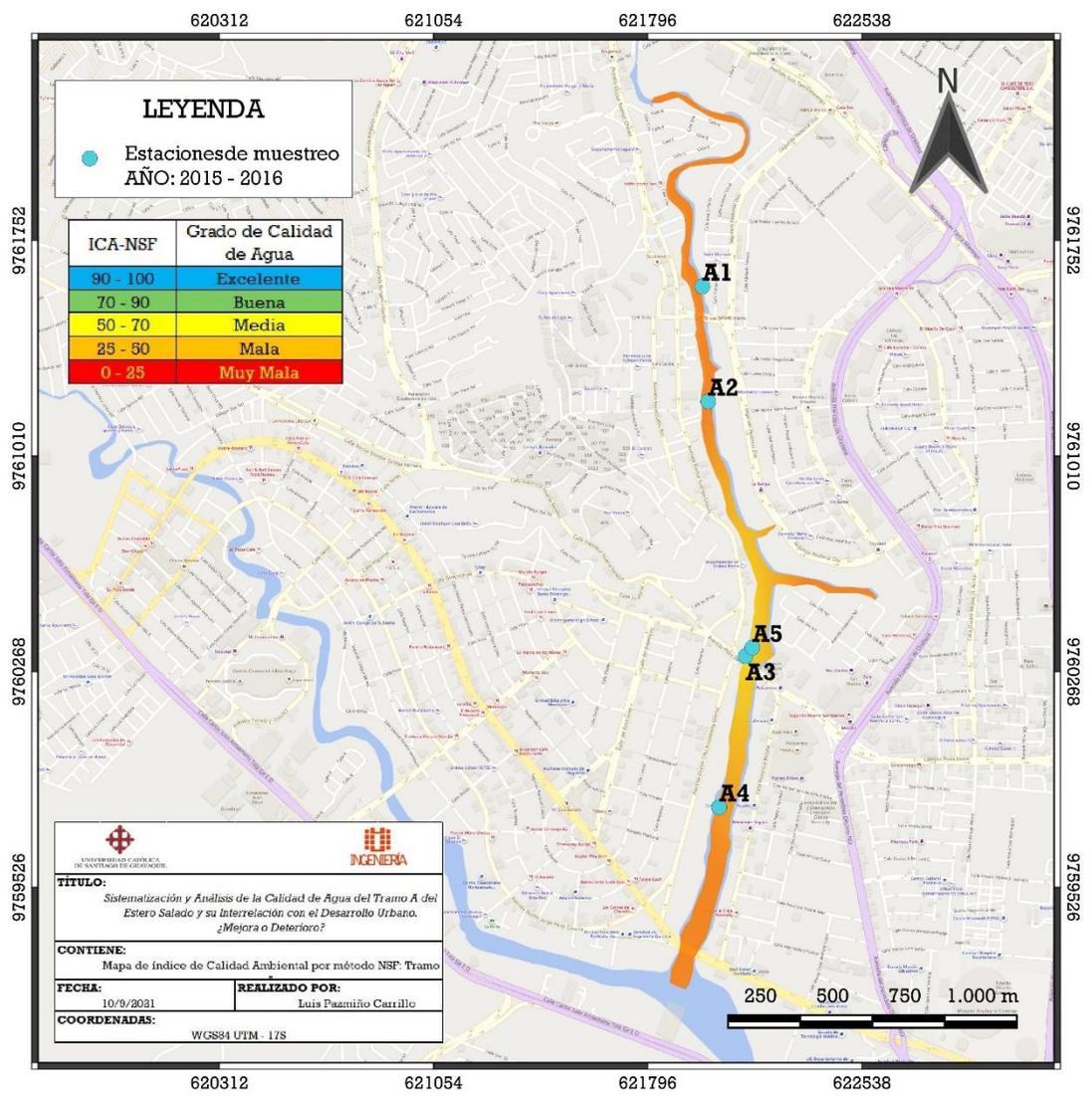
Para los años 2017 – 2018 – 2019, donde los muestreos realizados fueron en base a una misma estación, se realizó un promedio de sus resultados los cuales arrojaron un índice de calidad **mala**, incluso teniendo la influencia de ciertos análisis con resultados clasificados como calidad **media**.

Para los años 2020 – 2021 también se realizó un promedio a pesar de ser estaciones diferentes, por motivo de que la ubicación entre ellas es prácticamente cercana, lo cual permite idealizarlos como una estación en particular.



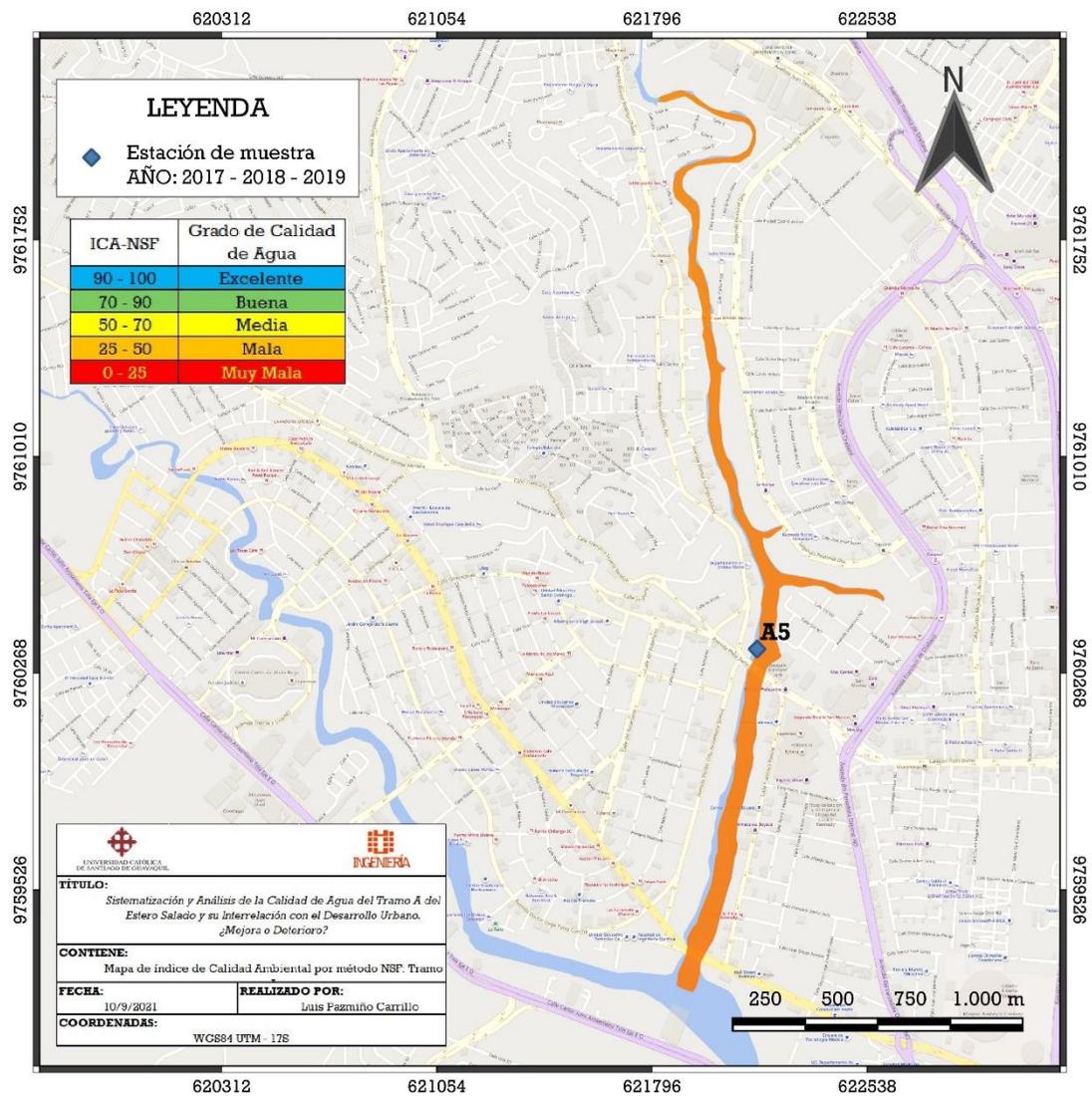
**Ilustración 6: Mapa con el Índice de Calidad del Tramo A del Estero Salado. 2010**

**Fuente:** Elaboración propia.



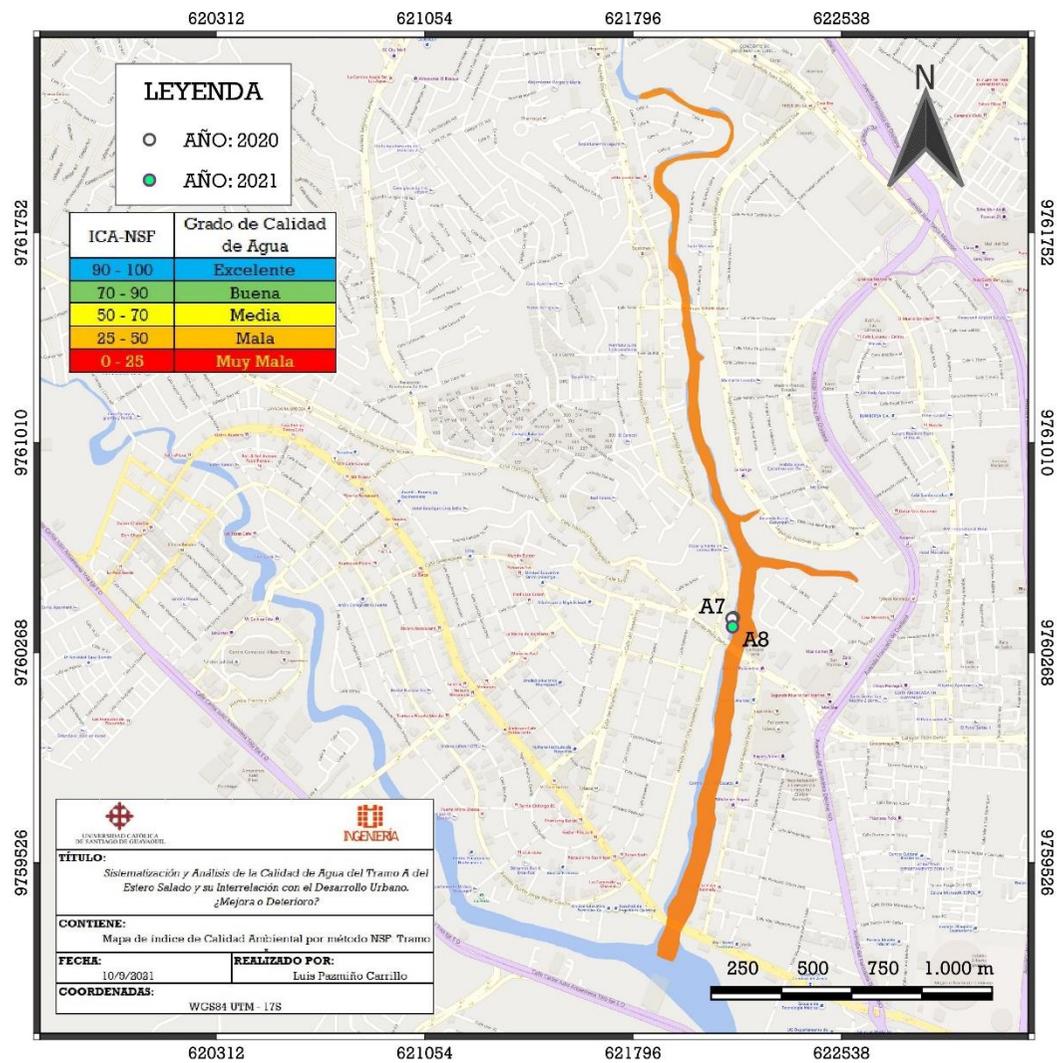
**Ilustración 7: Mapa con el Índice de Calidad del Tramo A del Estero Salado. 2015-16**

**Fuente:** Elaboración propia.



**Ilustración 8: Mapa con el Índice de Calidad del Tramo A del Estero Salado. 2017 al 2019**

**Fuente:** Elaboración propia.



**Ilustración 9: Mapa con el Índice de Calidad del Tramo A del Estero Salado. 2020 – 2021**

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.5. Análisis de Resultados

Con los datos base de los análisis de calidad del agua realizados por los distintos laboratorios e institutos, se pudo determinar el ICA utilizando el procedimiento correspondiente del método NSF, donde se obtienen diferentes valores de grado de contaminación en las aguas del Estero Salado específicamente en el Tramo A.

Teniendo en cuenta que los resultados de los análisis de agua en el año 2015 con respecto al año 2010, muestran un incremento del % de saturación del OD, pero que al año siguiente (2016) estos valores vuelven a bajar, se logra intuir que la contaminación se mantiene en niveles altos en este tramo categorizándola como calidad “**mala**” y “**media**”, correspondiente al sector Urdesa-Kennedy.

Esto se evidencia con los valores que se tienen de DBO5, ya que el límite para consumo humano y preservación de la biodiversidad acuática es 2 mg/L según TULSMA Anexo 1 – Tabla 2, mientras que en los análisis se observan valores en rangos entre 3 a 10 mg/L; es decir, el DBO5 se muestra elevado.

Esto se debe a que estos parámetros mantienen una relación proporcionalmente directa, si el agua tiene suficiente y óptima oxigenación, no habría paso a que se creen microorganismos que afecten la integridad del agua, lo cual influyen en los valores de DBO5.

Cabe resaltar que los valores analizados corresponden a diferentes muestreos realizados por el proyecto PRESIS, Laboratorios PSI (LABPSI) e Instituto Nacional de Pesca.

Con respecto a los muestreos realizados por los laboratorios: ANAVANLAB Grupo Químico Marcos e INGESTUDIOS, los cuales fueron solicitados por EMAPAG, se tienen valores de OD dispares ya que oscilan entre 2.5 a 8.20 mg/L, esto quiere decir que en ciertos tramos la falta de oxigenación del agua es mucho más crítica que en otros.

Esta variación es registrada por una sola estación de muestreo entre los años 2015 al 2019, tal como se observa en la tabla 3.16, donde en comparación con los resultados de los laboratorios del proyecto PRESIS, LABPSI e Instituto Nacional de Pesca en los años 2015 al 2016, que tienen cuatro estaciones de monitoreos, la variación se puede observar con mayor claridad la contaminación del Estero Salado a lo largo del Tramo A, tal como se puede ver en la Ilustración 3 y 4.

Por otro lado, si se revisan los valores del parámetro Coliformes Fecales, se puede notar que también registran excesivas elevaciones con respecto al límite de 1000 NMP/100MI, según norma TULSMA, donde éstos varían entre 9200 a >20.000 NMP/100MI para aquellos laboratorios independientes y entre 385 a >7000 NMP/100MI para los laboratorios solicitados por EMAPAG.

Es necesario mencionar que no se tiene información detallada sobre el procedimiento que realizaron cada uno de los laboratorios para realizar los correspondientes muestreos, tales como nivel de mareas, nivel de toma de muestra, equipos e instrumentos, etc.

Luego de realizar el correspondiente método NSF se logró constatar la severa contaminación a través de los años con los índices de calidad estudiados, incluso permitir clasificarlos por grado de contaminación como es característico del método mencionado.

Los índices en el año 2010 muestran una calidad de agua relativamente **mala** tal como se puede observar en la Ilustración 5, donde las estaciones se encuentran al extremo entre ellos logrando abarcar mayor recorrido del análisis espacial en cuestión, manteniendo su calidad constante.

Refiriéndose al grado de contaminación entre los años 2015 – 2016 se puede constatar que existe una mejoría en la calidad del agua, especialmente aquella registradas en la estación A5 (ver Tabla 3.16 e Ilustración 3), donde pasa de calidad **mala** a **media**, aún así esto no quiere decir que aquella agua sea apta para el consumo humano ni tampoco para un óptimo desarrollo de la vida acuática.

En los siguientes años a partir del 2016 hasta el presente año, si los resultados son analizados individualmente por muestra se puede decir que de igual manera existe una leve mejoría por tramos donde también se mantiene en rangos de **mala – media – mala**, etc.; sin embargo, si se lo analiza de manera general, la calidad del agua se mantiene con calidad **mala** tal como es mostrado en la ilustración 7 y 8.

## CONCLUSIONES: ¿MEJORA O DETERIORO?

Luego de haber revisado los resultados de los análisis de calidad de agua mostrados desde el Gráfico 1 al Gráfico 7, se puede observar que cada parámetro analizado tiende a estar fuera de los límites de la normativa como para considerar que el agua del Estero Salado está apta para el consumo humano y para el óptimo desarrollo de la biodiversidad acuática.

Al fijarse en el Gráfico 1, refiriéndose a los resultados de los análisis de la DBO, se puede intuir que existe gran influencia de materia orgánica debido a las altas concentraciones de contaminantes que llega a la cabecera y en las riberas del Estero. Esto se debe a la influencia de las actividades industriales cerca al brazo de mar, las cuales también influyen las descargas domiciliarias que aún pueden estar existiendo, donde se mezclan con las aguas de los colectores pluviales aumentando así la carga contaminante.

Los parámetros que se mantienen dentro de los rangos permitidos por la norma TULSMA son el de temperatura y pH, donde en valores promedios se mantienen entre 25.26°C dentro del rango condiciones normales y no siendo mayor que 32°C; y 7.5 dentro del rango entre 6 - 9 respectivamente.

Aunque, revisando los diferentes proyectos realizados en las riberas como los diferentes parques lineales, oxigenación artificial, adecuación de sectores marginales, arreglos en las tuberías y colectores que descargan directamente al Estero, ha permitido que no se incremente el deterioro de la calidad del Estero, además ha mejorado el paisaje y la calidad de vida de los residentes del sector.

Tal es el caso que, refiriéndose a parques lineales, esto ha ayudado a que disminuya la frecuencia de asentamientos ilegales cerca de las riberas en este tramo del Estero, incluso ayudando como régimen de control, regulación y educación de la población que han llegado a ubicarse en estos sectores aledaños del Estero Salado.

Por lo tanto, el presente estudio permite conocer según los ICAs obtenidos, que la calidad del agua no deja de categorizarse como **mala**, tal como se

mostró en las modelaciones (Ilustración 2 al 5) donde en las diferentes estaciones de monitoreos predomina esta clasificación.

Existe una variación a calidad **media** en la estación 5, entre los años 2015 – 2016 (véase Tabla 3.13), pero esta vuelve a recaer en calidad **mala** desde el año 2017 hasta el 2019, donde el promedio de sus ICAs 45.40, 46.77 y 48.97 evidencian el constante deterioro de la calidad del agua.

Por lo tanto, luego de analizar la calidad del agua con el método NSF y lograr realizar una correspondiente modelación de los resultados con los grados de calidad y criterios de contaminación estipulados por dicho método, se puede decir que no ha habido una mejora en la calidad del agua del Estero Salado, pero sí en el paisaje y calidad de vida de los habitantes de este sector desde el 2015 hasta la actualidad.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda añadir programas de muestreos con varias estaciones de monitoreos, las cuales cumplan con las especificaciones de muestreo de la Norma INEN (*NTE INEN 2226:2013 – Agua, Calidad del Agua, Muestreos, Diseño de los Programas de muestreo*), el cual provee de información sobre procedimientos de captación de muestras, preparación de equipos e instrumentos de muestreos.
- Con respecto al nivel de mareas, se recomienda detallar el momento de tomas de muestras, es decir, si el cuerpo de agua en estudio está en pleamar o bajamar, esto ayudaría a entender mejor los resultados sobre los análisis de calidad de agua y sus diferentes variaciones de los parámetros estudiados.
- También se recomienda que se implementen más campañas sobre el manejo e incentivación de la educación ambiental, para las empresas y los habitantes aledaños al Estero Salado, lo cual permitirá fomentar conciencia social en ambas partes, lo que ayudará a reducir la contaminación de sus aguas.

## BIBLIOGRAFÍA

Boulder Area Sustainability Information Network (BASIN). (27 de 12 de 2005). *BASIN*. Recuperado el 10 de 08 de 2021, de [http://bcn.boulder.co.us/basin/watershed/wqi\\_nsf](http://bcn.boulder.co.us/basin/watershed/wqi_nsf)

Camacho, A. (2021). *Plan Integral para la Recuperación del Estero Salado*. Guayaquil.

Carangui, G., & Pólit, P. (2017). *Determinación del índice de calidad del agua del estero salado, entre el puente "5 de Junio" y el puente "El Velero"*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil.

Cárdenas, M. (2010). *EFEECTO DE LA CONTAMINACIÓN HIDROCARBURÍFERA SOBRE LA ESTRUCTURA COMUNITARIA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS PRESENTES EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SALADO*. GUAYAQUIL.

Da Cámara, L., Hernández, M., & Paz, L. (2014). *MANUAL DE DISEÑO PARA PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ALIMENTICIAS*. *ACADEMIA: Accelerating the world's research*, 12. Obtenido de <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55436233/Mandisplatraaguresaliar-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1630489282&Signature=X2YqZkOVUmgNx0apDiKOJPm9v2ILL-u1lwKRVn9ZWVev2bOt4wZU8ZUz00ZgVvjCwAFByltLnHcaxPfQoC~C8k55FCpslcTv-fcbifDyqJDJA1RVX7Fu2UTnaRqT80agSZ5ph>

Departamento de Gestión Ambiental de Indiana (IDEM). (2019). *Volunteer Stream Monitoring - Training Manual*. Indianapolis, State of Indiana, United States of America: Hoosier Riverwatch. Obtenido de [https://www.in.gov/idem/riverwatch/files/volunteer\\_monitoring\\_manual\\_chap\\_4.pdf](https://www.in.gov/idem/riverwatch/files/volunteer_monitoring_manual_chap_4.pdf)

Díaz, K. d. (23 de 09 de 2016). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS RAMALES A, B, PUERTO LISA Y LAS RANAS*

DEL ESTERO SALADO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL,  
UTILIZANDO ÍNDICES DE CALIDAD AMBIENTAL. 93. Guayaquil,  
Ecuador. Obtenido de  
<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/36212>

Ecuador Ecológico. (2018). *Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda*.  
Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/proyecto-guayaquil-ecologico/>

Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2013). *Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Diseño de los Programas de Muestreo*. Quito, Ecuador: Norma Técnica Ecuatoriana.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2010). *Resultados del Censo 2010 de población y vivienda en el Ecuador*. Guayaquil.

Lahmeyer - Cimentaciones. (2000). *Estudios de Prefactibilidad y Selección de la mejor alternativa del Plan Integral de la Recuperación del Estero Salado. Parte 1. Informe Final III - Capítulo 2 Diagnóstico*. Guayaquil.

Lahmeyer - Cimentaciones. (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 1 Información Básica*. Guayaquil.

Lahmeyer - Cimentaciones. (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.

Lahmeyer - Cimentaciones. (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 6 Integración paisajista, arquitectónica y recreativa*. Guayaquil.

Lahmeyer - Cimentaciones. (2000). *Estudios de Prefactibilidad y Selección de la mejor alternativa del Plan Integral de la Recuperación del Estero*

*Salado. Parte 1. Informe Final II - Capítulo 4 Medidas transitorias y complementarias.* Guayaquil.

Marín, R. (2008). *CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE LAS AGUAS.* Córdoba. Obtenido de <https://static.eoi.es › savia › componente48099>

Mariscal, W., García, F., Mariscal, R., Cornejo, A., Ortega, P., Montiel, T., . . . De la Torre, E. (2018). *Evaluación de la contaminación físico-química de las aguas del estero salado, sector norte de la ciudad de Guayaquil-Ecuador-2017.* Guayaquil: Polo del Conocimiento. doi:10.23857/pc.v3i4.471

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). (2013). *Actualización de Prioridad " Generación y restauración de área verdes para la ciudad de Guayaquil a Guayaquil Ecológico.* Oficio Nro. SENPLADES-SNPD-2013-0934-OF, Quito.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2019). *Índice de calidad del agua general "ICA".* Obtenido de <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculolCA.pdf>

Ministerio del Ambiente. (2015). *Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Libro VI Anexo 1.* (Vols. VI - Anexo 1). Quito, Ecuador. Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>

Ministerio del Ambiente y Agua. (2014). *Ministra Lorena Tapia evalúa el estado del Estero Salado.* Guayaquil. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/ministra-lorena-tapia-evalua-el-estado-del-estero-salado/>

Muñoz, B. (08 de 2012). *Ministerio del Ambiente y Agua.* Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/listado-de-industrias-con-descargas-al-estero-salado/>

- Paullán, J. L. (2019). *LA CARACTERIZACIÓN DE LAS DESCARGAS LÍQUIDAS Y SU INCIDENCIA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DE UNA PLANTA DE INCUBACIÓN ARTIFICIAL AVÍCOLA*. Trabajo de Investigación, previo a la obtención del Grado Académico de Magister en Seguridad e Higiene Industrial y Ambiental, Ambato. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/29347>
- Peñafiel, M., Vallejo, A., & Chalen, J. (2017). *Evaluación de la calidad físico-química en agua y sedimentos del estero salado en el noroeste de América Latina*. Polo del Conocimiento. doi:10.23857/pc.v2i6.151
- Pire, C. (05 de 12 de 2019). *La contaminación*. Obtenido de <https://lacontaminacion.org/aguas-residuales/>
- Ponce, L. I. (2016). *PLAN DE REHABILITACION URBANO-ECOLOGICA DE SITIOS COLINDANTES AL ESTERO SALADO, CON ENFOQUE SISTEMICO Y PARTICIPATIVO. EL SECTOR CENTRO-OESTE DEL AREA DE ESTUDIO, TRAMO PUERTO LISA DE GUAYAQUIL*. Proyecto de Titulación, Guayaquil.
- Pulido, S., Miranda, V., Guavita, M., & Molano, E. (3 de 12 de 2014). *PTAR - Uniminuto*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/ptaruniminuto/origen-y-caracteristicas-de-las-aguas-residuales>
- Quezada, C. (2019). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL ESTERO SALADO DEL SECTOR COMPRENDIDO, ENTRE LOS PUENTES EL VELERO Y ECOLÓGICO*. Trabajo de Titulación presentado como requisito previo para optar por el grado de Química y Farmacéutica, Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/43777/1/BCIEQ-T-0435%20Quezada%20Tobar%20Carmen%20Elizabeth.pdf>
- Rodríguez, H. (13 de 03 de 2017). *iagua*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>

TULSMA. (2015). *Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente*. Quito, Ecuador. Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>

Universidad de Pamplona. (s.f.). *unipamplona.edu.co*. Obtenido de [http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home\\_10/recursos/general/pag\\_contenido/libros/06082010/icatest\\_capitulo3.pdf](http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf)

Zarza F, L. (s.f.). *iagua*. Obtenido de <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-residuales>



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Pazmiño Carrillo, Luis Ariel, con C.C: # 1207236603 autor/a del trabajo de titulación: **Sistematización Y Análisis De La Calidad De Agua Del Tramo A Del Estero Salado Y Su Interrelación Con El Desarrollo Urbano. ¿Mejora O Deterioro?** 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, 13 de septiembre de 2021

f. \_\_\_\_\_

Nombre: Pazmiño Carrillo, Luis Ariel

C.C: 1207236603



## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

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

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Sistematización Y Análisis De La Calidad De Agua Del Tramo A Del Estero Salado Y Su Interrelación Con El Desarrollo Urbano. ¿Mejora O Deterioro?		
<b>AUTOR(ES)</b>	Luis Ariel Pazmiño Carrillo		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Ing. Alexandra Camacho Monar, PhD		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Ingeniería		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería civil		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero civil		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	13 de septiembre de 2021	<b>No. PÁGINAS:</b>	83
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Ingeniería Hidráulica, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Civil		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Estero Salado, calidad del agua, ICA, modelación, contaminación, Guayaquil, análisis.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):</b>			
<p>El Estero Salado siendo un referente hídrico para la ciudad de Guayaquil, sufre de la contaminación de sus aguas debido al descontrolado crecimiento de la urbe a lo largo de los años, falta del debido control de las descargas industriales y domésticas que son evacuadas sin tratamiento previo y carencia de educación ambiental hacia la población que acostumbra a arrojar los desechos al Estero, entre otros. Para esto se realizó una sistematización de los proyectos ejecutados entre los años 2000 al 2017 y de monitoreos de calidad de agua en los años 2015 - 2021, con el objetivo de conocer las estrategias para la recuperación paisajística y ambiental del Estero Salado.</p> <p>En el presente trabajo se determinó el grado de contaminación del agua en el “Tramo A” del Estero Salado de Guayaquil, utilizando el Índice de Calidad de Agua (ICA) según el método de la Fundación Nacional de Saneamiento (NSF). Este proceso se realizó en base del análisis de calidad de agua recopilados del proyecto de titulación “Análisis Comparativo de la Calidad del Agua de los Ramales A, B, Puerto Lisa y Las Ranas del Estero Salado de la ciudad de Guayaquil, utilizando Índices de Calidad Ambiental” en el período 2010 – 2016 y de los monitoreos solicitados por EMAPAG, correspondientes al período 2015 - 2021. Con los análisis se realizó una comparación con la normativa ambiental TULSMA y se procedió a modelar los ICAs en mapas, donde se puede observar la variación de la calidad del agua del Estero Salado.</p>			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-98-722-9162	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:luispazmino15@gmail.com">luispazmino15@gmail.com</a>	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>Nombre:</b> Clara Glas Cevallos		
	<b>Teléfono:</b> +593-98-461-6792		
	<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>			