



UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPÍRITU SANTO

FACULTAD DE ARTES LIBERALES

**VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL
ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR**

**TRABAJO DE TITULACIÓN QUE SE PRESENTA COMO REQUISITO
PREVIO A OPTAR EL GRADO DE INGENIERA EN GESTIÓN
AMBIENTAL**

GABRIELA PAOLA ALVEAR PESANTES

Tutor: DR. FRANKLIN ORMAZA GONZÁLEZ

SAMBORONDÓN, OCTUBRE, 2014

AGRADECIMIENTO

Quisiera agradecer inicialmente a mi familia, compañeros de trabajo y amigos quienes han aportado de diferentes maneras a mi desarrollo personal y profesional que me ha llevado a estar donde estoy. Han sido de gran ayuda y apoyo en todos los periodos de mi vida.

Deseo expresar mi gratitud a los alumnos de la clase de química analítica laboratorio, del año 2014, de la universidad UEES, quienes me asistieron en la recolección de las muestras iniciales para el desarrollo de mi investigación.

Finalmente, agradezco al Dr. Franklin Ormaza por guiarme como tutor y aportar con su conocimiento durante el desarrollo del documento.

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

Variación espacial e intermareal de aceites y grasas en el Estero Salado en Guayaquil, Ecuador

Gabriela Alvear-Pesantes

Bachiller en ciencias químicas y biológicas, Universidad Espíritu Santo – Ecuador, galvearp@uees.edu.ec, Facultad de Artes Liberales Edificio E, Universidad Espíritu Santo, Km. 2.5 Vía Puntilla Samborondón.

Resumen

El exceso de aceites y grasas en el agua ocasiona deficiencia en el intercambio gaseoso, dificulta los procesos biológicos y disminuye el oxígeno disuelto debido a la degradación microbiana. El área de estudio se sitúa en el Estero Salado de Guayaquil, tomando cinco puntos que son Miraflores, Albán Borja, Aventura Plaza, puente Zigzag y puente 5 de Junio. El objetivo es determinar la concentración espacial y temporal de los aceites y grasas, así como la influencia de la marea en su transporte. Se efectuó una toma de muestra de agua y de sedimento por cada punto. El método de muestreo empleado fue el aleatorio estratificado, mientras que en el laboratorio se empleó el método de análisis 5520 D y 5520 E. La concentración en los 5 puntos muestreados se encuentra $\leq 0.44 \text{ mg/dm}^3$. El resultado obtenido durante la marea descendente y la bajamar nocturna fue 0.80 mg/dm^3 y 1.40 mg/dm^3 , respectivamente. En los sedimentos se obtuvo la mayor concentración en la estación del puente 5 de Junio con 441.19 mg/kg .

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

Palabras clave: aceites – grasas – concentración – sedimentos – intermareal – Estero Salado – estuario

Abstract

The excess of oil and grease in the water causes gas exchange deficiency, difficulty in biological processes and decreases the amount of dissolved oxygen due to microbial degradation. The area studied is set in the Estero Salado of Guayaquil, taking in consideration five points that are Miraflores, Albán Borja, Aventura Plaza, puente Zigzag y puente 5 de Junio. The objective is to determine the special and temporary concentration of oil and grease, as well as the tidal influence in their transport. One water and sediment sample was taken for every sampling station. The stratified random sampling method was used along with the analytical method 5520 D and 5520 E in the laboratory. The concentration of oil and grease in five of the sampling stations was $\leq 0.44 \text{ mg/dm}^3$. The results obtained in the nocturnal decreasing tide and low tide were 0.80 mg/dm^3 y 1.40 mg/dm^3 , in that order. The sampling station that showed the highest concentration in sediments was puente 5 de Junio with 441.19 mg/kg .

Keywords: oil – grease – concentration – sediments – intertidal – Estero Salado – estuary

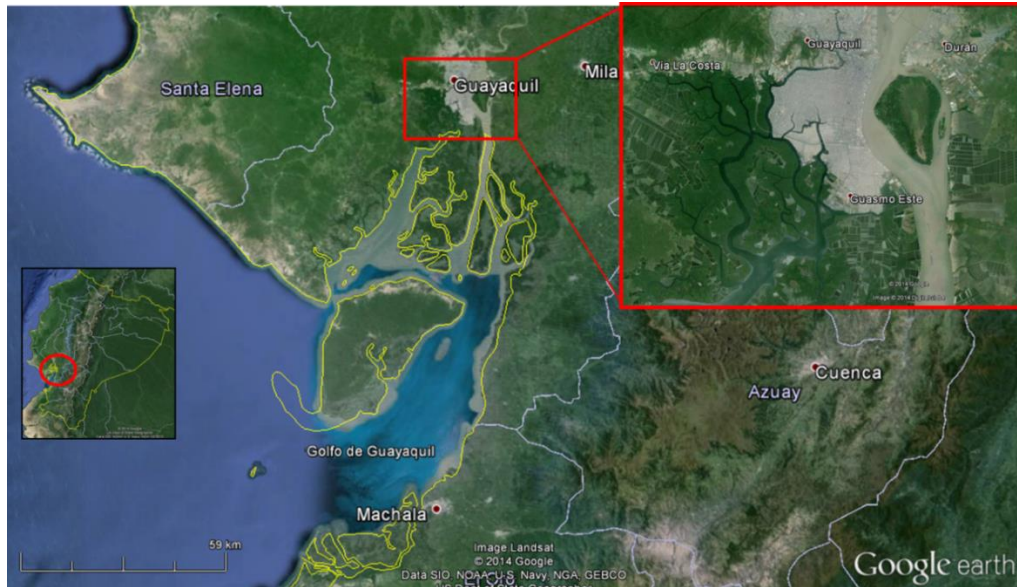
VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

1. Introducción

El Golfo de Guayaquil situado al Sur de Ecuador es uno de los sitios más grandes y productivos de la costa Este del Pacífico en Sudamérica, y el más productivo de la costa ecuatoriana en cuanto a plancton y recursos pesqueros (Bonilla, Plúas, & Camposano, 2002), puesto que aquí se concentra el 81% del sistema de manglar del país (Figura 1) (Flores, Agraz, & Benítez, s.f.). Sin embargo, los sistemas de manglar no sólo consisten en una alta productividad de recursos acuáticos, sino también en una alta productividad de sus bosques, siendo ésta 20 veces más que la de los océanos (Flores, Agraz, & Benítez, s.f.). El sistema estuarino llamado Estero Salado forma parte del Golfo de Guayaquil y, de acuerdo a la CAAM (1996) cuenta con aproximadamente 60 kilómetros de longitud desde El Puerto Marítimo de Guayaquil hasta Posorja (Figura 2) (Monserrate, Medina, & Calle, 2009).

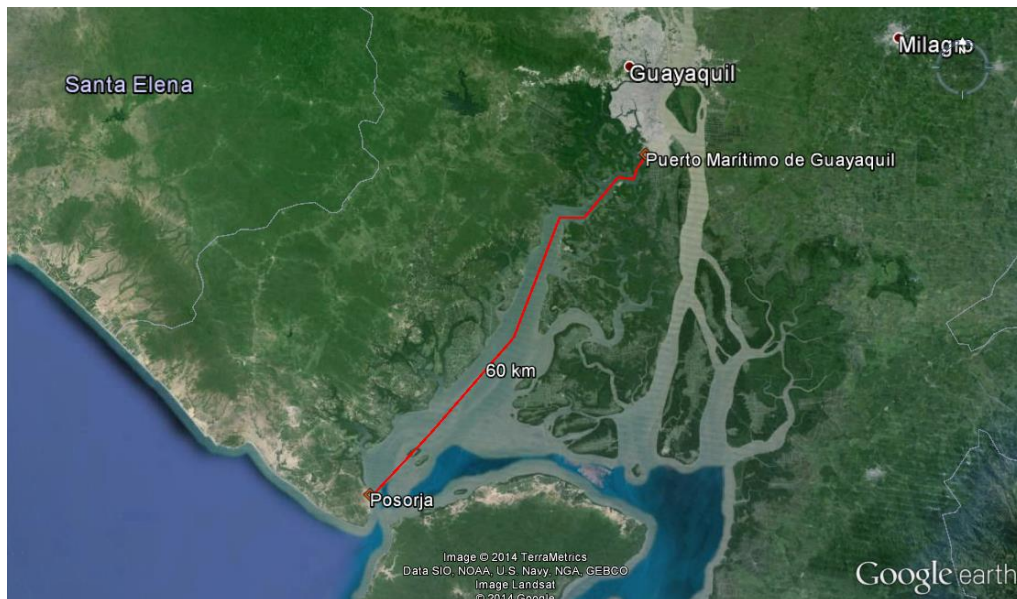
VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

Figura 1. Mapa de ubicación del Estero Salado de Guayaquil.



Fuente: Google Earth, 2014. Modificado por el autor.

Figura 2. Mapa que muestra la extensión del Estero Salado desde el Puerto Marítimo de Guayaquil hasta Posorja.



Fuente: Google Earth, 2014. Modificado por el autor.

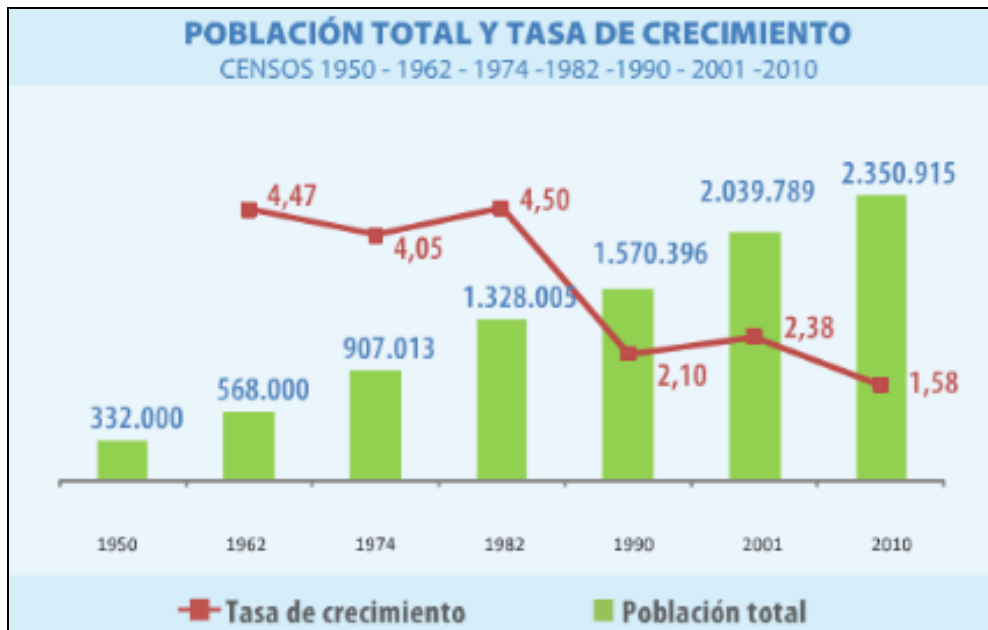
VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

El Estero Salado se encuentra influenciado por corrientes oceánicas, que producen flujo y reflujo de mareas, provocado por la convergencia del agua tropical cálida con baja salinidad que procede del Norte y el agua subtropical fría y salina que proviene del Sur. El Estero Salado se encuentra ubicado en la cuenca del río Guayas, cuyos tributarios son el estero del Morro y los ríos Daular, Chongón, Guayas, Taura, Churute, Cañar, Naranjal, San Pablo, Jajua, Balao, Gala, Tenguel, Siete y Pagua. (Cárdenas, 2010).

El Estero Salado de Guayaquil se extiende a lo largo de la urbe de una de las ciudades más pobladas del Ecuador, con 2 350 915 habitantes (INEC, 2010). Estas cifras han venido variando a lo largo de los años como se puede observar en el diagrama de barras desarrollado por el INEC (2010) en base a la información histórica proveniente de los censos de población y vivienda.

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

Figura 3. Gráfico de barras que muestra la población total y tasa de crecimiento del cantón Guayaquil entre el año 1950 y 2010.



Fuente: INEC, 2010

Durante la década de los años 50 y 60, la ciudad de Guayaquil enfrentó un crecimiento urbano-marginal descontrolado en el que la mayoría de sitios empleados para relleno y asentamiento de viviendas eran áreas de manglar que formaban parte de los ramales del Estero Salado (Zambrano, 2007). Sin una planificación territorial, las viviendas y las industrias se asentaron desordenadamente en zonas que no contaban con servicio de alcantarillado sanitario, lo cual los llevó a la descarga de sus efluentes domésticos e industriales directamente a las aguas del Estero Salado. Además, desde el año 1900, en Guayaquil se venía trabajando en el saneamiento de la

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

ciudad que conllevó a que, en la década de los 80, los planos sanitarios evidencien una gran cantidad de tuberías que desembocaban en el Estero Salado para la descarga de aguas servidas sin un tratamiento previo (Zambrano, 2007).

En el cantón Guayaquil se registran cerca de 542 industrias activas y 300 otras fuentes de contaminación como estaciones de servicio, estaciones de termoeléctricas y hospitales (Calero, 2010), además de las 80 000 familias registradas por el MAE que viven a orillas del estero (El Telégrafo, 2014) y todas las áreas urbanizadas que descargan sus efluentes al Estero Salado. En adición a la problemática de las aguas residuales, los desechos sólidos que se generan en el área de influencia directa del Estero Salado también representan un significativo aporte a su contaminación. Visolit, empresa contratada por la autoridad municipal para realizar la recolección de desechos en el área del Estero Salado, reporta que se realiza la recolección diaria de aproximadamente 400 toneladas de basura tanto en el estero como en sus orillas (El Telégrafo, 2014).

En la actualidad, las principales fuentes que aportan aceites y grasas a los diferentes cuerpos de agua urbanos de la ciudad de Guayaquil son las fuentes industriales y las domésticas. Las principales industrias, asentadas en la ciudad de Guayaquil, que generan aguas residuales con una concentración detectable de aceites y grasas son las alimenticias, gráficas, farmacéuticas, manufactureras y los talleres de mantenimiento; siendo aún que muchas de ellas no cuentan con un sistema de tratamiento para sus aguas residuales, descargando efluentes contaminantes hacia el Estero Salado (Lahmeyer - Cimentaciones, 2000) .

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

Diversos estudios se han desarrollado para conocer el nivel de contaminación que presenta el Estero Salado, con el fin de generar una solución que permita su recuperación a mediano y largo plazo. Uno de los estudios más completos es el estudio realizado por la consultora Lahmeyer-Cimentaciones sobre la recuperación del Estero Salado, publicado en el año 2000 por el Gobierno Autónomo Descentralizado de Guayaquil y desarrollado por la consultora alemana Lahmeyer-Cimentaciones. Inicialmente se lo dividió en 3 zonas, para posteriormente levantar un inventario de las fuentes de contaminación cercanas y obtener la carga contaminante receptada por el cuerpo de agua proveniente del alcantarillado pluvial y de los desechos sólidos vertidos en él. La conclusión a la que llegó Lahmeyer-Cimentaciones (2000) es que la mayor contaminación proviene de las descargas domésticas que representan el 60% de la carga contaminante que llega al estero, el resto proviene de descargas industriales (Calero, 2010).

Uguña, Mestanza, González & Lasso (2008) desarrollaron un estudio donde emplearon como indicador de calidad de agua el oxígeno disuelto y como bioindicador a las especies piscícolas que habitan en el estero (Calero, 2010). Las principales conclusiones a las que llegaron fueron: 1) las acciones que se están llevando a cabo para la limpieza del agua del Estero Salado y de sus orillas, así como la reforestación, están contribuyendo a la recuperación de las especies acuáticas nativas y 2) se necesita una mayor inversión para el tratamiento de las aguas residuales previo a su descarga al Estero Salado.

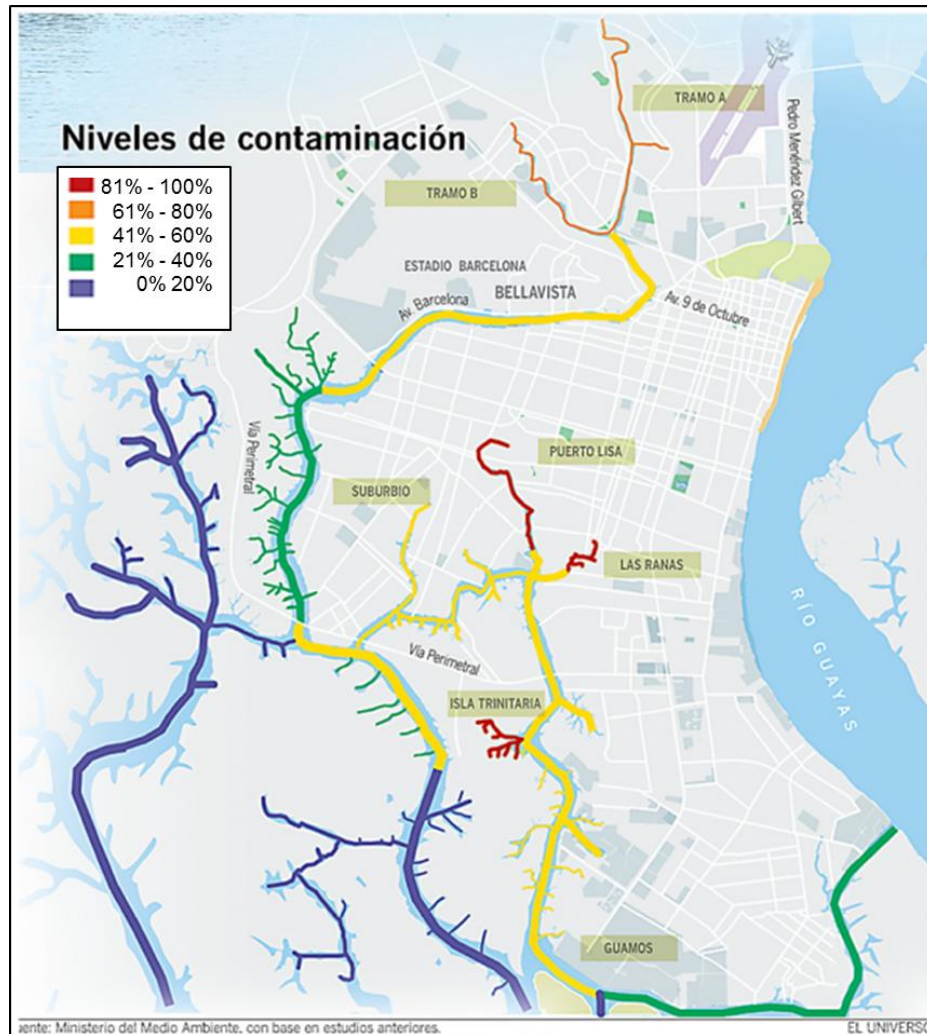
VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

En cuanto a contaminación por aceites y grasas en el Estero Salado, Cárdenas (2010) concluye que, al comparar el tramo B (ramal que comprende Miraflores y Urdesa), el tramo denominado Cuarentena, el tramo del Terminal de transferencia Tres Bocas y el tramo del Terminal Portuario Internacional, el tramo B es el que presenta mayor concentración en peso seco de aceites y grasas e hidrocarburos totales en el sedimento. De acuerdo a Cárdenas (2010), se presume que el nivel de contaminación del área se debe a la descarga de efluentes domésticos e industriales, al igual que lo planteó Lahmeyer-Cimentaciones (2000).

Con base en los estudios previamente mencionados, y otros estudios efectuados, el Ministerio de Ambiente del Ecuador (MAE) desarrolló el presente mapa donde se detallan los niveles de contaminación de los diferentes ramales del Estero Salado de Guayaquil.

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

Figura 4. Mapa donde se muestran los niveles de contaminación de los ramales del Estero Salado.



Fuente: El Universo, 2013. Modificada por el autor.

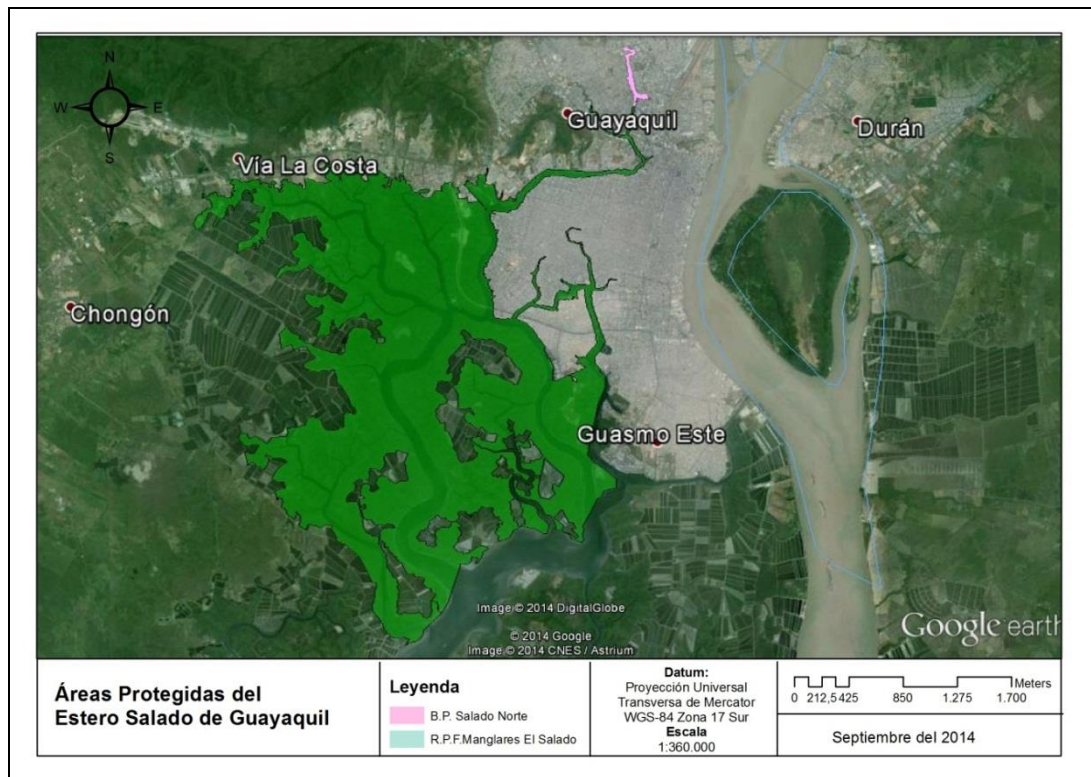
Frente a la problemática detectada, se declaró Bosque Protector Salado Norte (BPSN) al ramal que ingresa en el área de las ciudadelas Kennedy Norte y Urdesa Norte mediante Acuerdo Ministerial No. 406 publicado en el Registro Oficial No.

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

547 del 21 de octubre de 1986 (Zambrano, 2007). Posteriormente, al ver que las afectaciones al Estero Salado continuaban en incremento, el MAE procedió a la declaración y delimitación de la Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado mediante Acuerdo Ministerial No. 142 el 15 de noviembre de 2002, publicado en el Registro Oficial No. 711 el 25 de noviembre de 2002. En el año 2003, mediante Registro Oficial No. 3410 se amplió de 3 700 ha, con las que fue declarado Reserva de Producción Faunística, a 5 176 ha. Luego en el año 2010, mediante Registro Oficial No. 286, se declaró la expansión de la reserva de 5 176 ha a 9 747.8 ha. Finalmente, desde el año 2012, mediante Registro Oficial Suplemento No. 798, hasta el presente se reconoce que la Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado tiene una extensión total de 10 635.12 ha.

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

Figura 5. Mapa que muestra los límites de la Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado.



Fuente: MAE, 2013. Modificada por el autor.

A partir del año 2010, se iniciaron los esfuerzos para la recuperación del Estero Salado con base en los estudios desarrollados en el transcurso de los años. El MAE, en coordinación con otras entidades estatales, ejecuta el proyecto “Generación y restauración de áreas verdes para la ciudad de Guayaquil-Guayaquil Ecológico” con su componente “Recuperación ecológica del Estero Salado” (MAE, 2014). Se realizan diversas actividades como parte del proyecto para lograr la restauración del ecosistema estuarino. Hasta enero del 2012 se habían colocado cuatro

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

superoxigenadores, dos en el BPSN (uno en Kennedy Norte y uno en Urdesa Norte) y los otros dos en el estero Las Ranas y el estero Puerto Lisa, para incrementar los niveles de oxígeno disuelto en el agua que contribuye con la disminución de olores por descomposición de materia orgánica y al desarrollo de la flora y fauna del ecosistema (El Telégrafo, 2012). El proyecto a su vez plantea la reubicación de familias asentadas en las orillas del estero, así como reforestación de zonas estratégicas con especies de manglar, control de las descargas domésticas e industriales, el desarrollo de un modelo hidrodinámico que determine el comportamiento de un contaminante de acuerdo a los cambios de marea, caracterización de los sedimentos del Estero Salado y educación ambiental en el área de influencia (MAE, 2014).

1.1. Objetivo general

- Determinar la concentración espacial e intermareal de aceites y grasas en la columna de agua y el sedimento del ramal del Estero Salado que comprende desde el puente Miraflores hasta el puente 5 de Junio.

1.2. Objetivos específicos

- Efectuar análisis de laboratorio para determinar la concentración de aceites y grasas a lo largo del ramal del Estero Salado, desde el puente Miraflores hasta el puente 5 de Junio.
- Establecer la influencia de la marea en la concentración de aceites y grasas en el ramal del Estero Salado por medio de muestreos en el puente Zigzag.

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

- Evaluar las concentraciones de aceites y grasas en los sedimentos de cinco puntos del Estero Salado, desde el puente Miraflores hasta el puente 5 de Junio.

1.3. Hipótesis

Debido a la descarga de efluentes domésticos e industriales, la concentración de aceites y grasas en el agua del Estero Salado se encuentra por encima del límite máximo permisible establecido en el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 3 “Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario” y su concentración en el sedimento es superior a la concentración encontrada en el agua.

1.4. Marco teórico

Los aceites y grasas son compuestos orgánicos que se conforman principalmente de carbono, hidrógeno y oxígeno (Jiménez, 2001). Aquellos que a temperatura ambiente se encuentran en estado líquido son los denominados aceites, por el contrario, los que permanecen en estado sólido a temperatura ambiente se conocen como grasas (Jiménez, 2001). Las características mayormente representativas de estas sustancias son su baja densidad, lo que ocasiona que permanezcan en la superficie del agua, poca solubilidad en agua y el nivel de biodegradabilidad que presentan (Toapanta, 2009).

Existen tres fuentes principales de donde se producen los aceites y grasas: fuentes naturales, vegetales y minerales (Irwin, 1997; Toapanta, 2009). Las fuentes

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

naturales se refieren a la biota, sedimentos y formas de vida en decadencia que contienen altas cantidades de aceites y grasas y contribuyen con la concentración de este parámetro (Irwin, 1997). Las aceites y grasas de origen natural y vegetal tienen mayor nivel de biodegradabilidad que los aceites minerales y, en general, presentan baja ecotoxicidad para la vida acuática (CCOO Aragón, 2007). En contraste, la mayoría de los aceites minerales tienen bajo nivel de biodegradabilidad y muestran características ecotóxicas para la vida acuática (CCOO Aragón, 2007).

En la naturaleza, el exceso de concentración de aceites y grasas en el agua ocasiona dificultades en el intercambio gaseoso, dificultando la salida del CO_2 generado en el agua como parte de procesos químicos y biológicos y la entrada del O_2 proveniente de la atmósfera (Toapanta, 2009). Adicionalmente, debido a que los aceites y grasas tienen composición orgánica, su degradación por la acción de bacterias nativas capaces de transformar este contaminante consume el oxígeno disuelto en el agua, disminuyendo su disponibilidad para el sustento del ecosistema. En otros casos, la alta concentración de aceites y grasas bloquea el paso de oxígeno a los microorganismos nativos y anula su capacidad para llevar a cabo procesos biológicos (Barba, 2009).

Al entrar en contacto con el cuerpo de agua, los aceites y grasas tienden a adherirse a las partículas de sedimento en suspensión que se vuelven más pesadas y se depositan en el fondo. Paulatinamente se van acumulando en los sedimentos, los cuales son probablemente los sitios de almacenamiento más significativos y de mayor tiempo de permanencia para estos contaminantes. Al igual que en el agua, la acción

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

bacteriana realiza la degradación de estas sustancias en el sedimento por medio del consumo de oxígeno. Al agotarse el oxígeno disponible para la degradación bacteriana, los aceites y grasas se acumulan por largos periodos de tiempo en el sedimento. La acción erosiva del agua ocasiona que, por periodos extensos de tiempo, estos aceites y grasas sean liberados a la columna de agua, ocasionando una contaminación persistente (Stenstrom, Silverman, & Bursztynsky, 1982).

Otra de las consecuencias de una alta concentración de aceites y grasas en el sedimento es que retiene venenos liposolubles con baja solubilidad en el agua pero con alta solubilidad en mezclas de hidrocarburos. Adicionalmente, son capaces de adsorberse a partículas que contengan compuestos orgánicos tóxicos, ocasionando sinergias entre ellos (Stenstrom *et al*, 1982).

1.5. Marco legal

El Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) fue expedido mediante Decreto Ejecutivo No. 3516, publicado en el Registro Oficial Suplemento 2 en el mes de marzo del 2003. Esta normativa ambiental es de cumplimiento obligatorio y nacional. El TULSMA se compone de cinco libros, cada uno regulando un tema diferente. El libro VI - “De la calidad ambiental” establece los lineamientos del Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA), el cual se creó con el objetivo de impulsar el desarrollo sustentable del país mediante la consideración y regulación de todas las acciones que generen impactos ambientales y sociales adversos desde las fases más tempranas de todas las

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

actividades o proyectos propuestos dentro del territorio ecuatoriano. A su vez, el libro VI cuenta con siete anexos, de los cuales se hará referencia al Anexo 1.

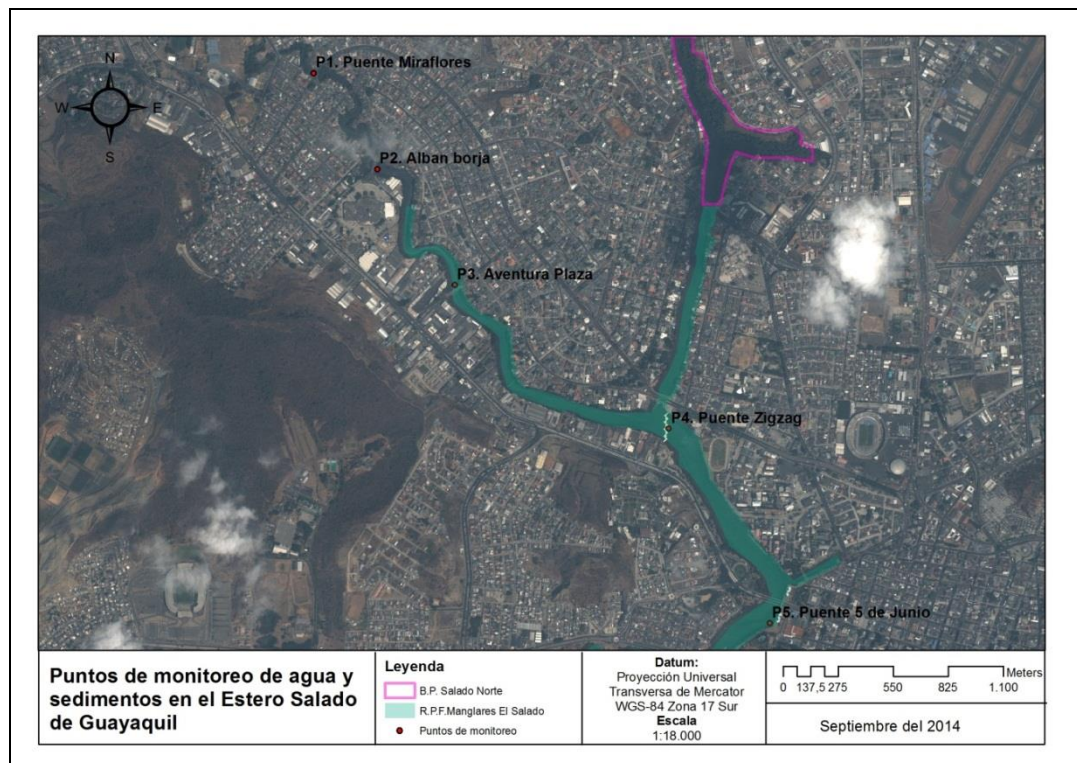
El Anexo 1 establece los límites permisibles, así como las disposiciones o prohibiciones para las descargas a cuerpos de agua o al sistema de alcantarillado. Adicionalmente, indica los criterios de calidad que debe cumplir el agua para sus distintos usos y plantea métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en la misma. En el Anexo 1, la tabla 3 “Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas y en aguas marinas y de estuario” indica los límites máximos permisibles que deben presentar los parámetros analizados en el agua para poder preservar la flora y fauna acuática. En dicha tabla se admite una concentración de aceites y grasas que no sobrepase los 0.3 mg/l.

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

2. Metodología

El presente estudio se desarrolló en Ecuador, provincia del Guayas, en el sistema estuarino denominado Estero Salado de Guayaquil, en el ramal norte, desde el puente Miraflores hasta el puente 5 de Junio. Parte del área de estudio, desde Aventura plaza hasta el puente 5 de Junio, se encuentra dentro de la Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado (figura 6). Se establecieron cinco puntos de muestreo a lo largo del área de estudio; en la tabla 1 se muestran las coordenadas geográficas de dichos puntos.

Figura 6. Mapa de la ubicación de los puntos de muestreo en el sitio de estudio.



VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

Tabla 1. Coordenadas de los puntos de monitoreo.

Punto de monitoreo	Latitud	Longitud	Muestra
Puente Miraflores	2° 9'44.96"S	79°55'9.02"O	Agua y sedimento
Albán Borja	2°10'1.01"S	79°54'58.36"O	Agua y sedimento
Aventura Plaza	2°10'20.02"S	79°54'46.15"O	Agua y sedimento
Puente Zigzag	2°10'42.36"S	79°54'11.37"O	Agua y sedimento
Puente 5 de Junio	2°11'14.62"S	79°53'54.83"O	Agua y sedimento

Se realizaron tres monitoreos diferentes para determinar la concentración de aceites y grasas comestibles y no comestibles en:

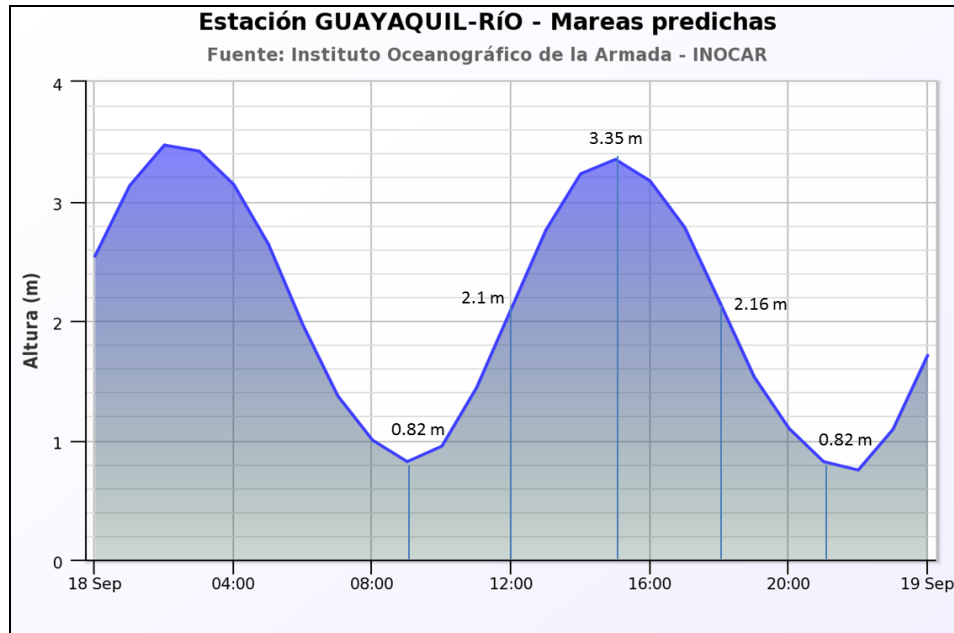
1. La columna de agua de acuerdo a su recorrido por el ramal,
2. La columna de agua de acuerdo a la influencia de la marea y,
3. El sedimento del tramo estudiado.

Para el monitoreo #1, efectuado el 07 de agosto del 2014, se realizó la toma de dos muestras de agua, una en bajamar y otra en pleamar, en cinco puntos diferentes del ramal del Estero Salado estudiado, como se muestra en la figura 6.

Para conocer la influencia que tiene la marea en la concentración de los aceites y grasas, el 18 de septiembre del 2014 se realizó un monitoreo de 12 horas en el puente Zigzag, tomando una muestra de agua cada 3 horas. En la figura 7 se muestran los horarios en los que se tomaron las muestras de agua, el estado de la marea y la altura aproximada del estero. Cabe mencionar que la estación que se toma de referencia se encuentra ubicada en el río Guayas, a la altura del Yatch Club de Guayaquil en el Malecón Simón Bolívar, existiendo un desfase poco significativo con respecto al área de estudio. Las muestras de agua se almacenaron en botellas de vidrio de 1 litro hasta ser llevadas al laboratorio.

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

Figura 7. Gráfico del estado de marea de acuerdo al horario de los monitoreos efectuados.



Fuente: INOCAR, 2014. Modificada por el autor.

Finalmente, para conocer la concentración de aceites y grasas en el sedimento, el 19 de septiembre del 2014 se realizó la toma de una muestra en cada uno de los cinco puntos de monitoreo establecidos a lo largo del área de estudio. Estas muestras se tomaron durante la bajamar en la franja intermareal, la cual se inunda durante la pleamar y se descubre durante la bajamar. Se empleó una pala para recolectar el sedimento y se almacenó en una bolsa plástica con cierre hermético proporcionado por el laboratorio Grupo Químico Marcos (GQM).

Se tomó únicamente una muestra en cada punto y en cada estado de marea; no se tomaron réplicas debido a la limitación del presupuesto con el que se contaba para

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

el estudio. La metodología de muestreo aplicada fue la aleatoria estratificada. Para su aplicación al área de estudio, se definió que los estratos correspondían a sitios que presentan características diferenciadas que pudieran aportar con datos sobre el comportamiento del contaminante en el medio. Por cuestión de costos y de accesibilidad, se escogió realizar los muestreos en áreas públicas de libre acceso y que tuvieran salida directa al ramal estudiado del Estero Salado.

Los análisis fueron realizados por GQM, que es un laboratorio acreditado por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano (OAE). La temperatura con la que se transportó las muestras de agua y sedimento fue de 15 °C en promedio, de acuerdo a lo reportado por GQM durante su recepción.

Los resultados entregados por GQM se encontraban expresados en la unidad mg/l, al igual que la normativa ambiental vigente TULSMA. Sin embargo, para efectos del presente documento científico, se transformó dicho valor para emplear la unidad mg/dm³. De acuerdo al Sistema Internacional de Unidades (SI) (2009), un litro equivale a un dm³. Por lo tanto, pese a que se realizaron comparaciones entre dos sistemas de unidades diferentes, estas unidades son comparables.

Los métodos empleados para el análisis de aceites y grasas son 5520 D y 5520 E (APHA, 1999). Para el análisis de las muestras de agua se empleó el método denominado 5520 D, que se basa en el uso de un solvente orgánico para separar los aceites y grasas del agua y el posterior filtrado mediante el uso de un extractor Soxhlet. El residuo final es pesado para determinar el contenido de aceites y grasas de la muestra. El método presenta un 98.7% de recuperación con una desviación

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

estándar de 1.86%, teniendo un grado considerable de exactitud. El método 5520 E se desarrolló para el análisis de lodos residuales provenientes de sistemas de tratamiento de aguas residuales y otros tipos de materiales con características semejantes. Se basa en secar la muestra y extraer los aceites y grasas por medio de un solvente orgánico. La precisión del método se ve reflejada en su desviación estándar, la cual se sitúa en 4,6%.

Las interferencias que aplican a los métodos empleados se presentan a continuación:

1. Los solventes orgánicos tienen la habilidad de no sólo disolver aceites y grasas, si no también otras sustancias orgánicas. El autor no reconoce ningún solvente selectivo que disuelva únicamente aceites y grasas.
2. La remoción del solvente resulta en la pérdida de hidrocarburos de cadena corta y aromáticos simples por volatilización.
3. Si no se emplea un desecador en el proceso, puede ocurrir un incremento gradual del peso de la muestra por reabsorción de agua.

Los datos obtenidos se encuentran gráficamente representados por medio de gráficos de barras. Para sustento de los resultados, se desarrollaron análisis estadísticos correspondientes al cálculo de la media de los datos y la desviación estándar. Se aplicó además la prueba de hipótesis para comprobación de la hipótesis planteada y el desarrollo de un cluster para agrupación de datos. Para el desarrollo estadístico se empleó el programa IBM.

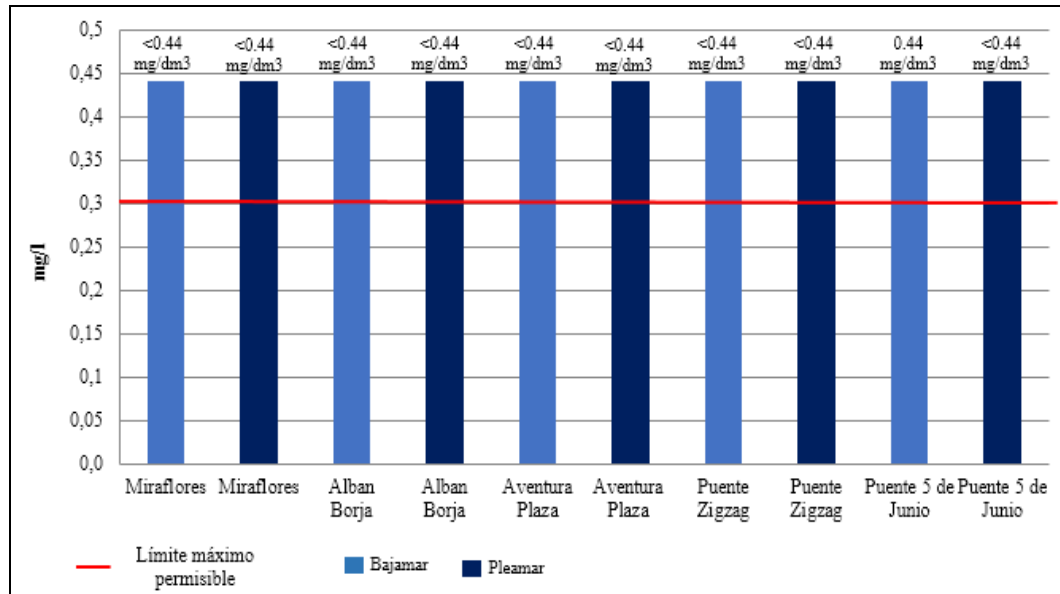
VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

3. Resultados

Los resultados que se obtuvieron después de analizar las muestras de agua de los cinco puntos establecidos fue que en cuatro de las cinco estaciones de monitoreo la concentración de aceites y grasas en el agua del Estero Salado de Guayaquil, tanto en pleamar como en bajamar, es $<0.44 \text{ mg/dm}^3$. El símbolo “menor que” hace referencia a que la concentración encontrada está por debajo del límite mínimo detectable por el método empleado por el laboratorio. Es decir, que no es posible establecer si el valor encontrado supera el límite máximo permisible establecido en el TULSMA, libro VI, anexo 1, tabla 3 que es 0.3 mg/l . En contraste, en la estación de monitoreo del puente 5 de Junio, en bajamar, se obtiene una concentración de 0.44 mg/dm^3 que supera el límite máximo establecido por la normativa ambiental para la preservación de la flora y fauna acuática. Los resultados se muestran en la figura a continuación:

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

Figura 8. Gráfico de barras de la concentración de aceites y grasas en el agua en los cinco puntos de monitoreo en bajamar y pleamar.



En base a los datos presentados anteriormente, se efectuó un análisis estadístico para determinar la media poblacional y la desviación estándar. Debido a que la concentración de aceites y grasas en los puntos muestreados es menor al mínimo valor detectable por el método, no se obtuvo variación de los resultados; por lo tanto, no es posible calcular la desviación estándar, mientras que la media poblacional es igual a 0.44. Estos valores se presentan a continuación:

Tabla 2. Valores estadísticos obtenidos de los resultados del muestreo de agua en los 5 puntos del Estero Salado.

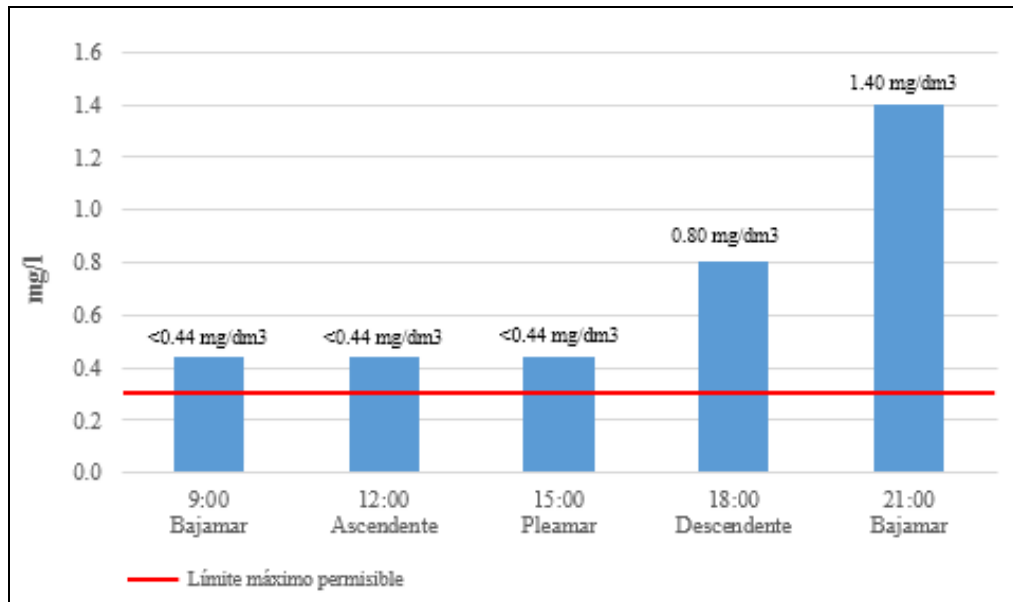
One-Sample Statistics			
	N	Mean	Std. Deviation
AGUA	5	,4400	,00000 ^a

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

Al realizar el monitoreo de 12 horas en el puente Zigzag se obtuvo la concentración de los aceites y grasas en el agua de acuerdo al estado de marea. El resultado obtenido durante la primera bajamar, la marea ascendente y la pleamar fue $<0.44 \text{ mg/dm}^3$, lo que significa que la concentración de aceites y grasas es menor al valor mínimo detectable por el método de análisis empleado. Por esta razón, no es posible determinar si la concentración durante dichos horarios y estados de marea se encuentra fuera de los límites máximos permitidos por el TULSMA, libro VI, anexo 1, tabla 3 sobre “Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas y en aguas marinas y de estuario”. A partir de la marea descendente se evidencia un incremento en la concentración del parámetro analizado, pasando de $<0.44 \text{ mg/dm}^3$ a 0.80 mg/dm^3 . Finalmente, en la bajamar, correspondiente a la muestra tomada a las 21:00, se obtuvo una concentración de 1.40 mg/dm^3 . La concentración tanto en marea descendente como en bajamar se encuentran por encima del límite máximo permitido por la normativa ambiental vigente que es 0.3 mg/l . Los resultados se presentan en la siguiente figura.

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

Figura 9. Gráfico de barras de la concentración de aceites y grasas en el agua en el puente Zigzag de acuerdo a la influencia de la marea.



En base a los resultados obtenidos del muestreo en el puente Zigzag para evaluar la influencia de la marea en la concentración del contaminante estudiado, se obtuvo una media poblacional de 0.704 y una desviación estándar de 0.43122 para dichos datos. Estos valores se presentan a continuación:

Tabla 3. Valores estadísticos obtenidos de los resultados del muestreo de agua de acuerdo al estado de la marea en el puente Zigzag.

One-Sample Statistics			
	N	Mean	Std. Deviation
SEDIMENTO	5	0,704	0,43122

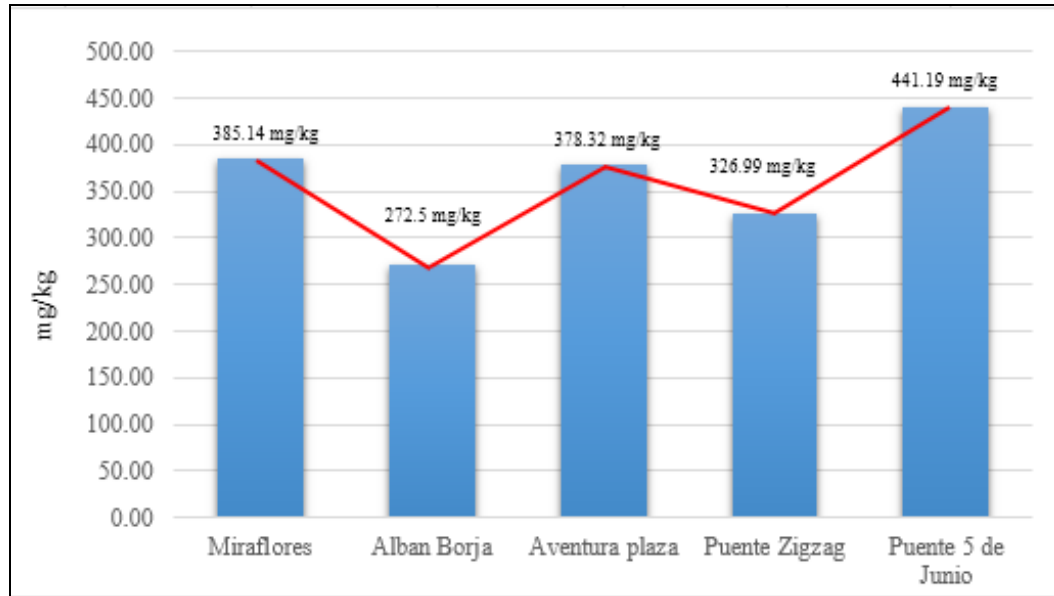
VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

En cuanto a los resultados de la concentración en peso seco de aceites y grasas en el sedimento del Estero Salado, se observa en la figura 10 una tendencia a manera de zigzag de las concentraciones encontradas. Empezando por la estación del puente Miraflores donde se tiene una concentración de 385.14 mg/kg, la cual decrece en la estación Albán Borja a 272.5 mg/kg, seguido de un incremento en la estación Aventura Plaza a 378.32 mg/kg, nuevamente con un decrecimiento en la estación Puente Zigzag a 326.99 mg/kg y finalmente incrementando a 441.19 mg/kg en la estación del puente 5 de Junio. Debido a que no existe una normativa nacional que regule la concentración de contaminantes en sedimentos, no es posible contrastar los resultados obtenidos. Internacionalmente, existen regulaciones para el control de contaminantes en sedimentos, sin embargo, el parámetro aceites y grasas no se regula.

A continuación se muestran los resultados listando las estaciones en orden geográfico.

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

Figura 10. Gráfico de barras de la concentración en peso seco de aceites y grasas en el sedimento del Estero Salado.



De acuerdo a los datos resultantes del monitoreo de sedimento en los 5 puntos del área de estudio, se obtuvo una media poblacional de 360.83 y una desviación estándar de 60.84 para dichos datos. Estos valores se presentan a continuación:

Tabla 4. Valores estadísticos obtenidos de los resultados del muestreo de sedimentos en los 5 puntos del Estero Salado.

One-Sample Statistics			
	N	Mean	Std. Deviation
AGUA	5	360,8280	63,83953

La prueba de hipótesis se desarrolló para dos grupos de datos, para los resultados de las muestras de agua tomadas en cada uno de los 5 puntos y los

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

resultados de las muestras de sedimento. Inicialmente, se realizó la prueba de hipótesis para contrastar los valores obtenidos del muestreo de agua con el límite máximo permisible establecido por la normativa ambiental vigente y, posteriormente, para comparar los valores obtenidos del muestreo de agua con los valores obtenidos del muestreo de sedimento. Con dicha prueba se busca rechazar o aprobar la hipótesis nula, lo cual se basa en el valor de significancia que se obtenga; si dicho valor es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula.

En la tabla 5 se observa que la desviación estándar de ambos grupos de datos es igual a 0 y el error estándar de la media es también 0. El resultado de la desviación estándar y del error estándar de la media indica que los datos ingresados se encuentran muy próximos entre sí o, en este caso, corresponden al mismo valor. Esto se debe a que la concentración de aceites y grasas en los puntos de monitoreo se encuentra por debajo del límite mínimo detectable por el equipo, resultando en que el laboratorio únicamente pueda proveer un rango mínimo en lugar de un valor exacto. Debido a esto, no es posible calcular el valor de significancia de los datos y, por ende, rechazar o aceptar la hipótesis nula. A continuación se muestra la prueba T para muestras relacionadas efectuada para los grupos de datos mencionados.

Tabla 5. Resultado de prueba T para muestras relacionadas entre los datos del muestreo de agua y el límite máximo permisible.

		Paired Samples Statistics			
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	AGUA	,4400 ^a	5	,00000	,00000
	NORMATIVA	,3000 ^a	5	,00000	,00000

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

a. The correlation and t cannot be computed because the standard error of the difference is 0.

Para establecer la diferencia entre la media calculada en base a los valores obtenidos del análisis de sedimentos y la de los análisis de agua, se empleó la prueba T de una cola. Para esta prueba se ingresó el valor de la media de los resultados de agua como el “test value”, el cual es igual a 0.44. Al efectuar dicha prueba, se establece que los intervalos de confianza se encuentran entre 281.12 y 439,65 y que la media se sitúa en 360,39. Adicionalmente, debido a que el valor de significancia es 0, siendo este menor a 0.05, se puede establecer que se rechaza la hipótesis nula. Mediante este cálculo estadístico es factible comprobar la hipótesis de que la concentración de aceites y grasas en el sedimento es mayor a la del agua en el sitio de estudio.

Tabla 6. Resultado de prueba T de una cola.

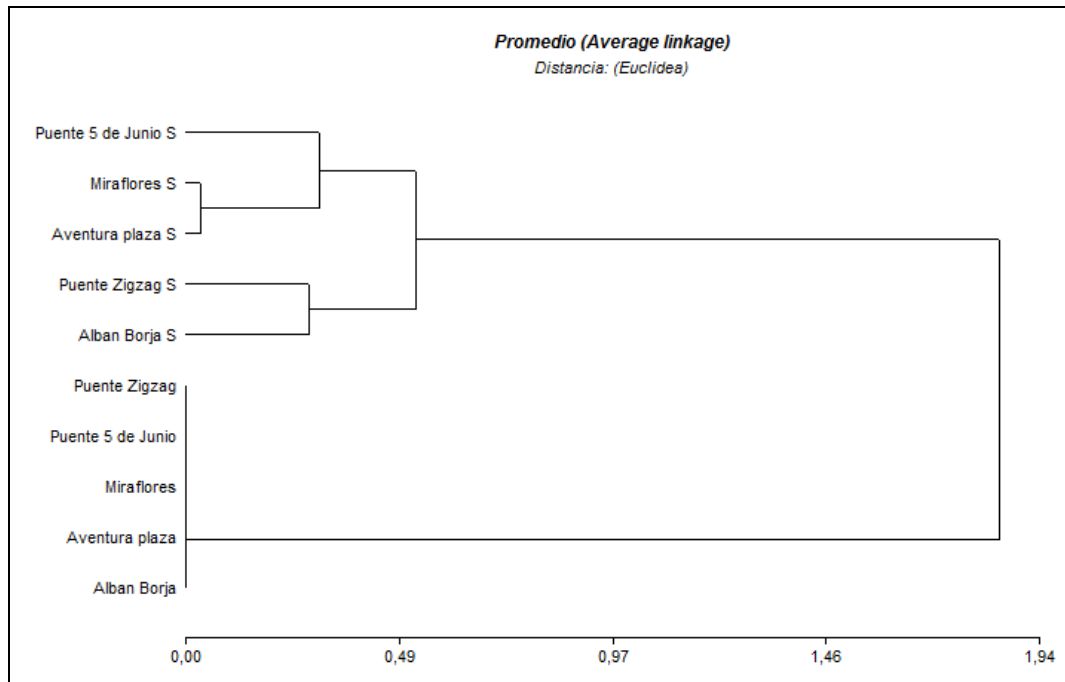
One-Sample Test						
	Test Value = 0.44					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
SEDIMENTO	12,623	4	,000	360,38800	281,1208	439,6552

Finalmente, se elaboró un cluster para agrupación de datos con el objetivo de graficar la distancia existente entre las características de los datos. En la figura 11 se observa el cluster desarrollado, en el cual se evidencia que los datos pertenecientes a las muestras de agua forman un grupo debido a su alta homogeneidad. Por otro lado, para las muestras de sedimentos se evidencia que la estación Miraflores y la estación

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

Aventura Plaza presentan alto grado de homogeneidad, inicialmente agrupándose, para luego unirse a la estación puente 5 de Junio. Por su parte, la estación puente Zigzzag y Alban Borja muestran una alta homogeneidad formando una agrupación. El cluster muestra que los valores obtenidos de las muestras de agua se encuentran muy diferenciados de los valores de sedimentos, por lo cual se aprecian dos grandes agrupaciones bien marcadas.

Figura 11. Cluster para agrupación de datos.



VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

4. Discusión

En base a los resultados obtenidos, no es posible establecer si existe contaminación por aceites y grasas en las 5 estaciones muestreadas debido a que los resultados devueltos por el laboratorio hacían referencia a un rango de concentración, más no a valores exactos. Por lo tanto, tampoco fue posible realizar pruebas estadísticas que generen datos concluyentes. Sin embargo, en la estación puente 5 de Junio se evidencia que la concentración de aceites y grasas es 0.44 mg/dm^3 , la cual se encuentra 0.14 mg/dm^3 por encima de la normativa ambiental vigente.

Al analizar la influencia de la marea en la concentración de aceites y grasas en el agua del Estero Salado, se evidencia un incremento a partir de la marea descendente. En este estado de marea, el agua retrocede desde el extremo Noroeste (por el área de Miraflores) y del extremo Norte (BPSN) ocasionando un decrecimiento de su volumen y su capacidad de dilución. Dicho incremento puede también deberse a la descarga de contaminantes, como aceites y grasas, desde fuentes contiguas al Estero Salado, en las áreas internas del ramal. En este caso, el agua retorna, acarreando consigo los contaminantes vertidos en dichas zonas.

La razón por la que se estima que la concentración durante la bajamar de la mañana se encuentra por debajo de 0.44 mg/dm^3 es que durante la pleamar de la madrugada el agua del mar ingresa hacia los ramales del Estero Salado, dispersando los aceites y grasas a lo largo de los mismos. Adicionalmente, las actividades

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

industriales, comerciales y domésticas que aportan con aceites y grasas son escasas durante la madrugada, por lo que se presume que su degradación por parte de los microorganismos nativos disminuye aún más su concentración.

Zambrano (2007), al analizar la concentración de aceites y grasas en el agua en función de la marea, en base a tres puntos monitoreados en el BPSN, encontró que la mayor incidencia de este contaminante era durante la pleamar con valores entre 0.4 mg/l y 3.8 mg/l. Al contrastarlo con los valores obtenidos para el presente estudio, se encuentra que la tendencia es contraria, puesto que dichos resultados muestran un incremento durante la bajamar. Esta diferencia puede deberse al transporte constante del contaminante por acciones del flujo y reflujo de la marea. Debido a que el BPSN comprende el extremo Norte del ramal estudiado, es probable que los contaminantes sean transportados a esta zona durante la pleamar y permanezcan ahí hasta ser transportados nuevamente por la marea durante la bajamar.

En adición, si consideramos únicamente el punto llamado estero, tomado por Zambrano (2007), el cual corresponde al de mayor similitud con los puntos monitoreados actualmente, el rango de concentración de aceites y grasas en pleamar se encuentra entre 0.4 mg/l y 1.6 mg/l, mientras que el de bajamar es igual a 0 mg/l. En el caso del presente estudio, el rango obtenido entre la marea ascendente y la pleamar es de <0.44 , mientras que para la marea descendente y la bajamar se ubica entre <0.44 mg/dm³ y 1.40 mg/dm³. Al compararlos, se observa que la variación del rango ha sido un decrecimiento de la concentración de aceites y grasas en 0.2 mg/dm³.

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

De acuerdo a la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil (2014), los efluentes industriales de las inmediaciones del área estudiada muestran concentraciones de aceites y grasas de <0.44 mg/l, en su mayoría. Esto muestra que las descargas industriales para este parámetro se encuentran en valores no detectables. Esto representa otra de las posibles causas por las que la contaminación por aceites y grasas en la columna de agua ha disminuido con respecto al estudio mencionado.

En cuanto a los resultados obtenidos para los sedimentos, se cree que las concentraciones encontradas del contaminante estudiado se deben principalmente a las actividades que se realizan en las inmediaciones del Estero Salado: sin embargo, se resalta aquellas que se encuentran más cercanas a los puntos muestreados y que fueron evidenciadas durante la fase de campo. A orillas de la estación Miraflores, donde se tuvo una concentración de 385.14 mg/kg, funciona un taller artesanal de reparación y mantenimiento de bicicletas, el cual no cuenta con la infraestructura adecuada para asegurar un correcto manejo de los desechos que se generan, así como evitar la contaminación del suelo y agua. El área muestreada en la estación Aventura Plaza, que presentó una concentración de 378.32 mg/kg, corresponde al sitio donde se descargan los efluentes de los locales comerciales, principalmente restaurantes, quienes son fuentes aportantes de aceites y grasas. En el puente 5 de Junio se presume que la causa de tan elevada concentración, 441.19 mg/kg, es que los efluentes de los locales de comida son descargados al Estero Salado, además de que el sitio donde se tomó la muestra consiste en un área donde golpea la corriente contra el sedimento

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

ocasionando su adsorción. Adicionalmente, este sector recibe toda el agua proveniente de los tramos superiores del ramal desde Miraflores.

Al contrario, en los dos puntos donde se encontraron bajas concentraciones, en Albán Borja y puente Zigzag, no se detectaron actividades cercanas que pudieran definirse como fuentes aportantes de aceites y grasas y que descarguen sus efluentes por el área muestreada. Sin embargo, se piensa que todos los resultados muestran concentraciones por encima de los 100 mg/kg debido a que, tal como se planteó anteriormente, el sedimento es el sitio de almacenamiento más significativo y de mayor tiempo de permanencia para varias sustancias y elementos. Incluso, se podría relacionar la alta concentración de aceites y grasas en el sedimento en el puente 5 de Junio con su concentración en el agua, debido a su acción erosiva que ocasiona que sea liberado nuevamente del sedimento.

En su estudio, Cárdenas (2010) encontró que la mayor concentración de aceites y grasas en el sedimento del Estero Salado se ubica en Miraflores con 1236.7 mg/kg. Los otros dos puntos muestreados por Cárdenas (2010), en común con el presente estudio, fueron Urdesa y Kennedy con 211.06 mg/kg y 29.86 mg/kg, respectivamente. En el caso del estudio en mención, se observa que la concentración decrece a medida que se aleja de la estación de monitoreo de Miraflores. En contraste, los resultados obtenidos para el presente estudio muestran que las concentraciones tienen una tendencia a manera de zigzag a medida que se alejan de la estación de Miraflores y oscilan entre 270 mg/kg y 450 mg/kg. Cabe destacar que de acuerdo a Cárdenas (2010), la diversidad de organismos bentónicos disminuye en

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

áreas con mayor concentración de contaminantes, entre ellos aceites y grasas, por lo que se puede interpretar que los puntos muestreados presentan dicho impacto negativo sobre la fauna bentónica.

En el estudio desarrollado por Senior (s.f.), en el estero Santa Rosa ubicado en la provincia de El Oro, se encontró que la concentración de aceites y grasas en el sedimento de diferentes puntos del estero oscila entre 37.10 mg/kg y 206.48 mg/kg. El autor establece que el estero Santa Rosa recibe aporte de otros cuerpos de agua, los cuales receptan los efluentes de los asentamientos urbanos a sus orillas y de las camaroneras cercanas. Esto indica que los valores obtenidos reflejan un estado de contaminación del cuerpo de agua estudiado. Por lo que, al compararlo con los valores obtenidos para el presente estudio se podría interpretar que el Estero Salado presenta contaminación por aceites y grasas en el sedimento.

Finalmente, mediante la prueba T de una cola presentada en los resultados, se rechaza la hipótesis nula de que la concentración de aceites y grasas en el sedimento es menor a la concentración encontrada en la columna de agua y se acepta la hipótesis planteada por el autor. Sin embargo, debido a la escasez de datos, se debe tener en cuenta que puede tratarse de un falso positivo debido a que estadísticamente un mayor número de muestras significan resultados de mayor confianza. Aunque si se analiza numéricamente, se puede observar dicha diferencia basada primordialmente en el rango de los valores obtenidos para cada uno.

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

5. Conclusiones

- La mayoría de resultados concernientes a la concentración de aceites y grasas en el agua del Estero Salado se encuentra por debajo del límite mínimo detectable por el método de análisis empleado por el laboratorio, por lo que no es posible determinar contundentemente si existe contaminación por el mencionado parámetro en la columna de agua de las estaciones muestreadas.
- Tanto para el análisis espacial como para el de influencia de marea, numéricamente, se observan parámetros fuera de norma que se encuentran por encima del límite máximo permisible establecido por el TULSMA, libro VI, anexo 1, tabla 3 que es 0.3 mg/l, sobrepasando dicho límite hasta por 1.1 mg/l.
- La marea influye en la concentración de aceites y grasas, en la columna de agua, en los diferentes puntos del ramal del Estero Salado, encontrándose que las concentraciones varían dependiendo del estado de marea, observándose el transporte del contaminante hacia los extremos internos del ramal durante la pleamar y hacia el exterior del ramal durante la bajamar.
- Actualmente, tanto las fuentes industriales como las domésticas mínimo cuentan con sistemas básicos para tratamiento de aguas residuales, como trampas de grasa, por lo que el análisis de influencia de maneras aún denota

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

cierta influencia en la concentración de aceites y grasas por parte de los efluentes descargados al Estero Salado pero se estima que no es significativa.

- Debido a que no existe una normativa ambiental local que determine un límite máximo permisible para la concentración de contaminantes en el sedimento, en este caso para aceites y grasas, no es posible su comparación como en el caso del agua; este factor limita la aplicación de controles para mantener la salud de este componente tan importante del ecosistema estuarino.
- Las concentraciones encontradas en las muestras de sedimento del área de estudio pueden deberse a aportes antiguos significativos de aceites y grasas minerales que han permanecido sin ser degradados hasta la actualidad.
- En base a la comparación numérica entre el rango de concentración de aceites y grasas en el sedimento encontrada por Cárdenas (2010) para las estaciones de Miraflores y Urdesa, entre 211.06 mg/kg y 1236.7 mg/kg, y el rango obtenido para el presente estudio, entre 270 mg/kg y 450 mg/kg, se puede evidenciar un decrecimiento de la misma, que a su vez establece una disminución de la contaminación por aceites y grasas en el sedimento.
- Pese a que estadísticamente no es posible comprobar la hipótesis planteada de que la concentración de aceites y grasas en la columna de agua del Estero Salado es mayor al límite máximo permisible debido a la poca sensibilidad del método al umbral mínimo de detección, se puede verificar, tanto para el monitoreo espacial como para el de influencia de marea, que mediante

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

revisión de los valores obtenidos existen concentraciones fuera de norma en ciertos puntos del área de estudio para ciertos estados de marea.

- Mediante la prueba T de una cola presentada en los resultados, se comprueba estadísticamente la hipótesis de que la concentración de aceites y grasas en el sedimento es distinta de la concentración encontrada en la columna de agua; mientras que numéricamente se verifica que ésta es superior.

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

6. Recomendaciones

- Emplear un método de análisis en el laboratorio que permita la detección de concentraciones de aceites y grasas a partir de 0.01 mg/l para su contraste con la normativa ambiental vigente y el desarrollo de métodos de análisis estadístico.
- Desarrollar una normativa ambiental que fije un límite máximo permisible para los principales contaminantes en el sedimento.
- Comparar la concentración de diferentes contaminantes en el sedimento del centro del estero y el ubicado en la zona intermareal para determinar donde existe mayor adsorción.
- Analizar la concentración de aceites y grasas en los diferentes puntos de descarga de efluentes a lo largo del Estero Salado para definir si actualmente existen aportes significativos y establecer su ubicación.
- Analizar la concentración de los diferentes tipos de aceites y grasas en el agua y sedimento del Estero Salado.
- Realizar el seguimiento del parámetro aceites y grasas durante la época lluviosa para determinar si existe un aporte significativo por el arrastre del contaminante hacia el cuerpo de agua.

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

7. Referencias bibliográficas

Acuerdo Ministerial No. 142. (15 de noviembre de 2002).

APHA. (1999). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

Recuperado de http://www.mwa.co.th/download/file_upload/SMWW_4000-6000.pdf

Barba, L. (2009). *CONCEPTOS BÁSICOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA Y PARÁMETROS DE MEDICIÓN*. Santiago de Cali, Colombia: Universidad del Valle. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/conceptos.pdf>

Bonilla, M., Plúas, F., & Camposano, J. (2002). *Condiciones del plancton en una estación fija: Puerto El Morro - Playas, Golfo de Guayaquil, 2000-2002. Acta Oceanográfica del Pacífico, volumen 11*. Recuperado de https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCAQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.inocar.mil.ec%2Fdownload.php%3Funiqid%3D335%26t%3D%26id_exists%3D1&ei=UQYzVOvZGbaLsQTMiYHYA Q&usg=AFQjCNEwYmpycBVyScuhrYOLMY9yfiIPEw&bvm=bv.76802529,d.cWc

Calero, R. (2010). *LA GOBERNANZA DEL ESTERO SALADO*. (Tesis para especialidad). Universidad Técnica PARTICULAR de Loja, Loja, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/10197/1/Tesina%20Gobernanza%20Estero%20Salado.pdf>

CAAM. (1996). *Desarrollo y Problemática Ambiental del Área del Golfo de Guayaquil*. 326p.

Cárdenas, M. (2010). *EFFECTO DE LA CONTAMINACIÓN HIDROCARBURÍFERA SOBRE LA ESTRUCTURA COMUNITARIA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS PRESENTES EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SALADO*. (Tesis de maestría) Universidad ESPOL, Guayaquil, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/755/1/Efecto%20de%20la%20contaminaci%C3%B3n%20hidrocarbur%C3%ADfera%20sobre%20la%20estructura%20comunitaria%20Estero%20salado.pdf>

CCOO Aragón. (2007). *Avanzando en la producción limpia como reducir impactos ambientales y riesgos para la salud en el uso de aceites y grasas lubricantes*. Aragón, España. Recuperado de http://www.aragon.coo.es/comunes/recursos/3/doc148743_Reducir_riesgo_en_el_uso_de_aceites_y_grasas_lubricantes_.pdf

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

- El Telégrafo. (16 de noviembre de 2012). *Estaciones de superoxigenación recuperan al Estero Salado*. *El Telégrafo*. Recuperado de <http://www.telegrafo.com.ec/noticias/informacion-general/item/humala-viajara-el-viernes-a-ecuador-para-encuentro-binacional.html>
- El Telégrafo. (20 de mayo de 2014). La contaminación del estero 'gana' la batalla a las gestiones seccionales. *El Telégrafo*. Recuperado de <http://www.telegrafo.com.ec/noticias/guayaquil/item/la-contaminacion-del-estero-gana-la-batalla-a-las-gestiones-seccionales.html>
- El Universo. (15 de septiembre de 2013). Las descargas de aguas negras, aún lo más grave para el Estero Salado. *El Universo*. Recuperado de <http://www.eluniverso.com/noticias/2013/09/15/nota/1439796/descargas-aguas-negras-aun-mas-grave-estero>
- Flores, F., Agraz, C., & Benítez, D. (s.f.). *Ecosistemas acuáticos costeros: importancia, retos y prioridades para su conservación*. Mexico DF, México. Recuperado de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/533/ecosistemas2.pdf>
- INEC. (2010). *Resultados del censo 2010: cantón Guayaquil*. Guayaquil, Ecuador. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Recuperado el 03 de octubre del 2014. <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/resultados/>
- Irwin, R. (1997). *ENVIRONMENTAL CONTAMINANTS ENCYCLOPEDIA OIL AND GREASE ENTRY*. Colorado, USA: National Park Service. Recuperado de <http://www.nature.nps.gov/hazardssafety/toxic/oil&grea.pdf>
- Jiménez, B. (2001). *La contaminación ambiental en México*. Recuperado de http://books.google.com.ec/books?id=8MVxlyJGokIC&pg=PA136&dq=tipos+de+compuestos+grasos+en+el+agua&hl=es&sa=X&ei=ziD0U_SyLsvnsAS134DQBw&ved=0CEwQ6AEwCQ#v=onepage&q=tipos%20de%20compuestos%20grasos%20en%20el%20agua&f=false
- Lahmeyer - Cimentaciones. (2000). *Plan Integral de la Recuperación del Estero Salado*. Guayaquil, Ecuador: Gobierno Autónomo Descentralizado de Guayaquil.
- MIMG. (2014). *DETERMINACIÓN DEL GRADO DE CUMPLIMIENTO EN MATERIA AMBIENTAL EN ÁREAS DE INFLUENCIA DEL ESTERO SALADO, REGULADAS POR LA DIRECCIÓN DE MEDIO AMBIENTE*. Guayaquil, Ecuador. Gobierno Autónomo Descentralizado de Guayaquil.
- MAE. (22 de septiembre de 2014). *Guayaquil Ecológico*. Ministerio del Ambiente del Ecuador. Recuperado el 05 de octubre del 2014. <http://www.ambiente.gob.ec/guayaquil-ecologico/>
- Monserrate, L., Medina, J., & Calle, P. (2009). *Estudio de Condiciones Físicas, Químicas y Biológicas en la Zona Intermareal de Dos Sectores del Estero Salado con Diferente Desarrollo Urbano*. (Tesis de pregrado). Universidad ESPOL, Guayaquil, Ecuador. Recuperado de

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/19190/1/ART%C3%8DCULO%20TESIS%20ESTERO%20SALADO.pdf>

Registro Oficial No. 286. (24 de septiembre del 2014). *Ampliación de los límites de la Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado*. Recuperado de <http://www.derechoecuador.com/productos/producto/catalogo/registros-oficiales/2010/septiembre/code/19683/registro-oficial-no-286---viernes-24-de-septiembre-de-2010>

Registro Oficial No. 3410. (2003). *Declaración de la Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado*. Recuperado de <http://www.ccondem.org.ec/imagesFTP/11586.RO5enero2003.pdf>

Registro Oficial Suplemento No. 798. (2012). *Ampliación de los límites de la Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado*. Recuperado de <http://www.derechoecuador.com/productos/producto/catalogo/registros-oficiales/2012/septiembre/code/20503/registro-oficial-no-798--jueves-27-de-septiembre-del-2012>

Senior, W. (s.f.). *Diagnóstico y evaluación de la contaminación por metales pesados en los sedimentos superficiales del Estero Santa Rosa, Provincia de El Oro, Ecuador*. Machala, Ecuador: Universidad Técnica de Machala. Recuperado de <http://www.utmachala.edu.ec/archivos/Rendicion%20Cuentas%20Prometeos/2014/William%20Senior.pdf>

SI. (2009). *Sistema Internacional de Unidades*. Guayaquil, Ecuador: INEN. Recuperado de <https://mail.google.com/mail/u/0/#inbox/1490a0c7cdbcac9?projector=1>

Stenstrom, M., Silverman, G., & Bursztynsky, T. (1982). *OIL AND GREASE IN STORMWATER RUNOFF*. California, USA: Universidad de California. Recuperado de <http://www.seas.ucla.edu/stenstro/r/r8>

Toapanta, M. (2009). *Calidad de agua: aceites y grasas*. Guayaquil, Ecuador: Universidad ESPOL. Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6161/8/GRASASYACEITES.pdf>

Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente, Libro VI: "De la calidad ambiental", Anexo 1: "Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua", Tabla 3: "Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas y en aguas marinas y de estuario". (2012).

Uguña, Mestanza, González & Lasso. (2008). *Recuperación de la calidad del agua del estero salado como objetivo primordial de la ciudad: costos y plazos*. (Tesis de maestría) Universidad ESPOL, Guayaquil, Ecuador.

VARIACIÓN ESPACIAL E INTERMAREAL DE ACEITES Y GRASAS EN EL ESTERO SALADO EN GUAYAQUIL, ECUADOR

Zambrano, N. (2007). *PLAN DE MANEJO DEL BOSQUE PROTECTOR SALADO NORTE (BPSN)* .
Guayaquil, Ecuador: Ministerio de Ambiente. Recuperado de
<http://simce.ambiente.gob.ec/sites/default/files/documentos/belen/Plan%20de%20Manejo%20Bosque%20Protector%20Estero%20Salado%20Norte.pdf>