

Concentración de Materia Orgánica en Sedimentos del Estero Salado de Guayaquil, Ecuador

Concentration of Organic Matter in Sediments of The Salado Estuary of Guayaquil, Ecuador

Jesús Alexander Cedeño Borrero ¹, Dayse Karina Guamán Guamán ², Ana de las Mercedes Grijalva Endara ³, Patricia Antonieta Macias Mora ⁴

¹ Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador

² Laboratorio Labmac, Control de Calidad, Durán, Ecuador

³ Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Químicas, Guayaquil, Ecuador

⁴ Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca, Departamento de Oceanografía Química, Guayaquil, Ecuador

Recibido julio 2025, aceptado septiembre 2025, en línea 03 diciembre 2025

Resumen

El estudio tuvo como objetivo determinar la concentración de materia orgánica en los sedimentos del Estero Salado de Guayaquil durante el período octubre-diciembre de 2021. Se recolectaron muestras en siete estaciones y se analizaron parámetros fisicoquímicos: materia orgánica (MO) por ignición, carbono orgánico total (COT) por oxidación húmeda, nitrógeno total (NT) por método Kjeldahl y pH por potenciómetría. Los resultados mostraron concentraciones promedio de MO de $17,06 \pm 3,92\%$, clasificadas entre niveles moderados y altos. El pH presentó valores ligeramente alcalinos ($7,81 \pm 0,59$), lo que favorece la actividad microbiana descomponedora de MO. Asimismo, se registraron concentraciones homogéneas de NT ($3,95 \pm 0,55\%$) y una correlación directa entre MO y COT. Se concluye que la variación en el contenido de MO responde tanto a factores naturales como a la influencia antropogénica, lo que evidencia la necesidad de aplicar medidas de biorremediación en el área de estudio.

Palabras clave: materia orgánica, sedimentos, Estero Salado, nitrógeno total, carbono orgánico total.

Abstract

The objective of this study was to determine the concentration of organic matter in the sediments of the Estero Salado in Guayaquil during the period October–December 2021. Samples were collected at seven stations and physicochemical parameters were analyzed: organic matter (OM) by ignition, total organic carbon (TOC) by wet oxidation, total nitrogen (TN) by Kjeldahl method, and pH by potentiometry. Results showed average OM concentrations of $17.06 \pm 3.92\%$, classified as moderate to high levels. The pH was slightly alkaline (7.81 ± 0.59), favoring microbial activity involved in OM decomposition. Homogeneous TN concentrations ($3.95 \pm 0.55\%$) and a direct correlation between OM and TOC were also recorded. It is concluded that OM content variation is influenced by both natural and anthropogenic factors, highlighting the need to implement bioremediation measures in the study area.

Keywords: organic matter, sediments, Estero Salado, total nitrogen, total organic carbon

Introducción

El Estero Salado es un estuario que nace como ramificación de un brazo de mar que se extiende desde el sur de la ciudad de Guayaquil, se adentra a unos 15 km desde la zona central y norte, presenta una variada flora y fauna en la ribera de sus manglares debido a la constante entrada y salida de mareas oceánicas, razón por la cual se lo considera como un recurso ambiental importante. (Rojas y Rojas, 2019)

La ciudad de Guayaquil cuenta con sistemas de drenaje fluvial y de alcantarillado, los mismo que se descargan a los ríos Daule - Guayas y al Estero Salado respectivamente, sin embargo, debido al crecimiento y asentamientos incontrolados de la población, sumado al relleno de sus ramificaciones, contaminación de sus aguas provocadas por el desarrollo industrial, falta de cultura ambiental y falta de servicio alcantarillado en ciertos sectores aledaños o invadidos han provocado

* Correspondencia del autor:

E-mail: jesus.cedenob@ug.edu.ec

 Esta obra está bajo una licencia de creative commons: atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.

la afectación y deterioro del Estero. (EMAPAG, 2015; Ministerio del Ambiente, 2019)

La cantidad de descarga de aguas residuales varía de acuerdo a la estación, EMAPAG (2015) menciona que durante la época seca se generan 280.000 m³/día y durante la época lluviosa 350.000 m³/día, en este último existe un efecto de dilución que impide la degradación del oxígeno disuelto influyendo en su aspecto y calidad microbiológica.

Estudios realizados desde el 2010 reportan altos valores de DBO2 y bajas concentraciones de oxígeno en los tramos "A" (Urdesa - Kennedy) y "B" (Urdesa - Miraflores), debido a las descargas de aguas industriales y domésticas, generando condiciones anóxicas, los lodos por su parte también presentan elevadas concentraciones de sulfuros, altos valores de DBO2, y elevadas concentraciones de Hg y Pb. (Ministerio del Ambiente, 2019)

Los desechos industriales y domésticos se depositan en los sedimentos del estero, los cuales presentan un alto grado de contaminación. Los sedimentos se considera un conjunto de capas de partículas finas de materia orgánica y minerales que se acumulan en el fondo de un cuerpo de agua, dicha acumulación puede afectar tanto la salud del medio ambiente como la humana. (Baird y Cann, 2012)

La materia orgánica del sedimento es la parte que resulta de la descomposición de animales y microorganismos, residuos vegetales y actividades antropogénicas; como la eliminación de desechos domésticos en las orillas de los cuerpos de aguas. (Guarco, 2015)

Al bajar la marea en el Estero Salado, se logra observar aguas servidas, restos de plásticos como botellas, vasos y fundas; además de desechos industriales en el

Tabla 1. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo.

Número de estación	Nombre	Coordinadas geográficas
E1	Puente Portete	-2,195983, -79,936200
E2	Puente la 17	-2,189806, -79,912360
E3	Puente El Velero	-2,188973, -79,901283
E4	Puente Ecológico	-2,157516, -79,903046
E5	Puente Kennedy	-2,168477, -79,901527
E6	Puente Zig Zag	-2,178568, -79,903305
E7	Puente Las Monjas	-2,172243, -79,912729

sedimento que queda expuesto. A su vez, se pueden percibir malos olores debido a la gran liberación de ácido sulfídrico que produce la materia orgánica por acción del sol. (Hernández, 2017)

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad aportar información de la concentración de materia orgánica en sedimentos del Estero Salado de Guayaquil durante el año 2021. El porcentaje de materia orgánica es uno de los principales parámetros que se tienen en cuenta para conocer el nivel de contaminación de un cuerpo de agua, estos resultados serán de gran ayuda para la continuación de otras investigaciones y para los proyectos de remediación de entidades ambientales del país.

Materiales y Método

Tipo de investigación

El presente estudio fue de tipo experimental con enfoque cuantitativo longitudinal.

Área de estudio y muestreo

Las muestras de sedimentos se recolectaron en siete estaciones del Estero Salado, Guayaquil, durante los meses de octubre a diciembre de 2021. Las coordenadas geográficas de cada estación se presentan en la tabla 1.

La selección de los puntos de muestreo se realizó considerando accesibilidad, representatividad, seguridad y distancia, siguiendo criterios de Herranz (2007).

Equipos, materiales y reactivos

Equipos: potenciómetro, balanza analítica, estufa, mufla, draga Van Veen, GPS, cronómetro, refrigeradora, sorbona, destilador de agua, equipo de digestión con sistema de recolección de gases, equipo de destilación con flujo de vapor y equipo titulador.

Materiales: pipetas volumétricas, probetas, desecador de vidrio, cajas Petri, mortero, pinzas, espátula, cápsulas de porcelana, hielera, fundas de polietileno con cierre hermético, pilón, vidrio reloj, vaso de precipitación y cinta de papel.

Reactivos: agua destilada y desionizada, reactivo de digestión, hidróxido de sodio 6 N, solución tampón de borato, solución de ácido bórico, solución indicadora de ácido bórico, solución indicadora mixta, solución titulante de ácido sulfúrico 0,02 N, solución de dicromato de potasio 1 N, ácido fosfórico al 85 %, fluoruro de sodio, reactivo indicador de difenilamina, ácido sulfúrico concentrado y solución ferrosa 0,5 N.

Procedimiento de muestreo

Las muestras superficiales se recolectaron utilizando una draga Van Veen, almacenándolas en fundas de polietileno con cierre hermético, rotuladas y refrigeradas para su transporte al laboratorio. La información de cada muestra incluyó nombre de la

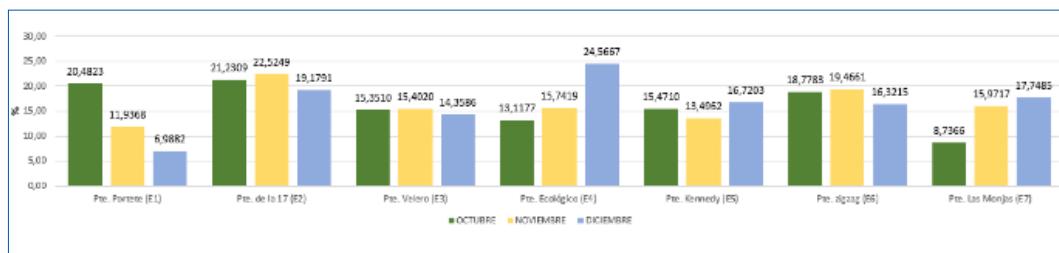


Figura 1 Porcentaje de Materia Orgánica en el Estero Salado durante los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2021.

estación, coordenadas, fecha, hora, condiciones atmosféricas y detalles del muestreo (INEN 2176, 2013).

Las muestras se conservaron a temperaturas entre 2 °C y 5 °C, y se transportaron protegidas de la luz y en recipientes individuales impermeables (INEN 2169, 2013).

Procesamiento de la muestra

Las muestras de sedimento se procesaron inicialmente mediante secado; para ello, 30 gramos de sedimento fueron colocados en cajas Petri y secados a 100 °C durante 24 horas. Posteriormente, el sedimento seco se pulverizó hasta obtener un polvo fino y se tamizó utilizando un tamiz No. 230 para uniformizar el tamaño de las partículas. Finalmente, el sedimento pulverizado se almacenó en frascos de polietileno con tapa rosca, debidamente rotulados, hasta su análisis posterior.

Determinación de materia orgánica

La materia orgánica se determinó mediante método de ignición (Schulte y Hopkins, 1996). Se pesaron 5 g de sedimento, se secaron a 105 °C por 24 h, se calcinaron en mufla a 550 °C por 6 h, y se calculó el porcentaje de materia orgánica según:

$$\% \text{ de Materia Orgánica} = \frac{(\text{Peso}_1 - \text{Peso}_2)}{\text{Peso}_1} * 100$$

donde Peso₁ es el peso inicial y Peso₂ el peso después de la ignición.

Determinación de pH

Se utilizó el método potenciométrico (INVERMAR, 2003). Se mezcló 1 g de sedimento pulverizado con 10 mL de agua destilada, se agitó 15 min y se midió el pH con potenciómetro previamente calibrado.

Determinación de nitrógeno total

Se aplicó el método de Kjeldahl según Standard Methods (Baird et al., 2017), comprendiendo digestión, destilación y titulación. El contenido de nitrógeno se calculó como:

$$\% N = \frac{[(\text{ml de ácido-N del ácido}) - (\text{ml blanco x N del ácido})] - (\text{ml ácido x N del ácido}) \times 1,4007}{\text{peso de la muestra en gramos}}$$

En esta ecuación, la letra N representa la normalidad de la solución utilizada, mientras que ml blanco

corresponde a los mililitros de álcali consumidos en la valoración por retroceso de un blanco.

Determinación de carbono orgánico total (COT)

El COT se determinó por oxidación húmeda (Walkley y Black, 1933). Se emplearon 0,5 g de sedimento seco, se adicionó K₂Cr₂O₇ 1 N y H₂SO₄ concentrado, seguido de dilución y titulación con solución ferrosa 0,5 N. El porcentaje de carbono orgánico se calculó mediante:

$$\% \text{ Carbono Orgánico} = 10 * (1 - T/S) * [1.0N (0.003)/100/W]$$

donde T es la valoración de la muestra, S la valoración en blanco y W el peso de la muestra en gramos.

Resultados

Materia orgánica

Los datos indicaron que la mayor concentración promedio se registró en diciembre en la estación Puente Ecológico (E4), mientras que la menor se observó en Puente Portete (E1) para el mismo mes (Figura 1). El contenido de materia orgánica por estación fluctuó entre 13,14 % en E1 y 20,98 % en E2, con valores que se clasificaron en rangos moderado y alto según Reynold (1971) (Tabla 2). La distribución

Tabla 2 Promedio de Materia Orgánica por estaciones.

Estaciones	Promedio de M.O. (%)	Clasificación Reynold (1971)
Pte. Portete (E1)	13,14	Moderado
Pte. de a 17 (E2)	20,98	Alto
Pte. Velero (E3)	15,04	Moderado
Pte. Ecológico (E4)	17,81	Alto
Pte. Kennedy (E5)	15,23	Moderado
Pte. Zig - Zag (E6)	18,19	Alto
Pte. Las Monjas (E7)	14,15	Moderado

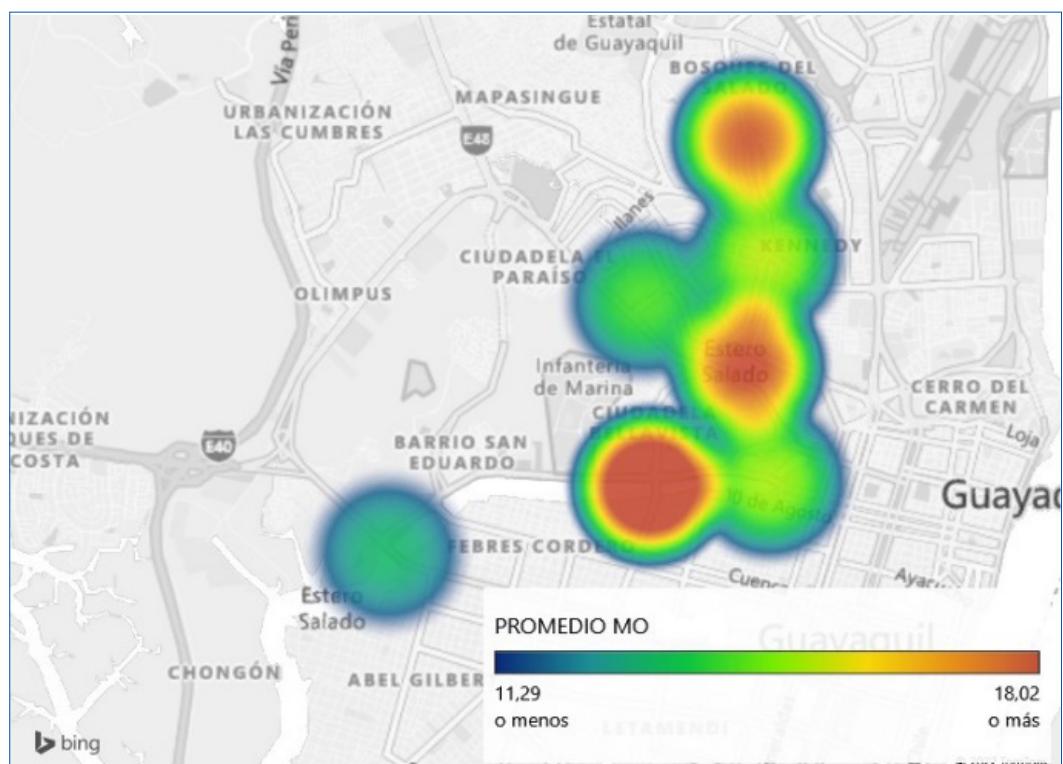


Figura 2 Distribución promedio de MO en las áreas de estudio.

promedio de materia orgánica en las siete estaciones durante los tres meses presentó un valor general de $17,06 \pm 3,92\%$ (Figura 3).

En la presente investigación, se aprecian valores superiores en comparación a lo descrito por Cárdenas (2010) donde el contenido de MO en los sedimentos del Estero Salado, oscilaban entre el 5 - 11 %. En la actualidad la presión antropogénica está asociada a diversos factores, tales como la falta de alcantarillado, actividades comerciales, asentamientos ilegales y manejo inadecuado de desperdicios. Sin embargo, existen concentraciones de MO dentro del rango aceptable, algunos varían de acuerdo con el mes, en otros casos reflejan valores elevados; condiciones influenciadas por factores naturales como la anchura

del estero, la estación (seca o lluviosa), flujo y reflujo de marea del agua que se asocia a la cinética del sedimento que se encuentra depositado en los ramales del Estero Salado.

pH

Los valores de pH de los sedimentos fueron homogéneos durante el período de estudio, con un promedio de $7,81 \pm 0,59$ UpH. La estación E1 presentó el valor más alto y la estación E4 el más bajo, cercano a la neutralidad (Figura 3).

Estos valores no reflejaron una variación significativa durante el periodo de estudio, situación similar a lo indicado por Magallanes y Sucuy (2020), en su estudio “Análisis de la variación estacional de cadmio y estaño en sedimentos superficiales del Estero Salado-Guayaquil-Tramo B, durante el año 2019”, donde el valor de pH corresponde a $7,57 \pm 0,42$ UpH; registrados durante los meses de junio y octubre del 2019. Nitrógeno total y Carbono Orgánico Total

En diciembre de 2021, el contenido de nitrógeno total (NT) presentó valores homogéneos en toda el área de estudio, con un promedio de $3,95 \pm 0,55\%$. El carbono orgánico total (COT) fue proporcional a la materia orgánica, mostrando que los valores de COT superaron a los de NT en la mayoría de las estaciones, excepto en E1 donde la relación COT:NT fue aproximadamente 1:1 (Figura 4).

De acuerdo con el TULSMA (2015), el valor de $7,811 \pm 0,59$ UpH de las estaciones muestreadas se

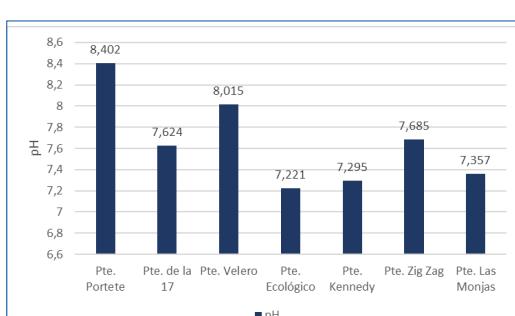


Figura 3 Valores de pH obtenidos en los sedimentos durante la época de estudio.

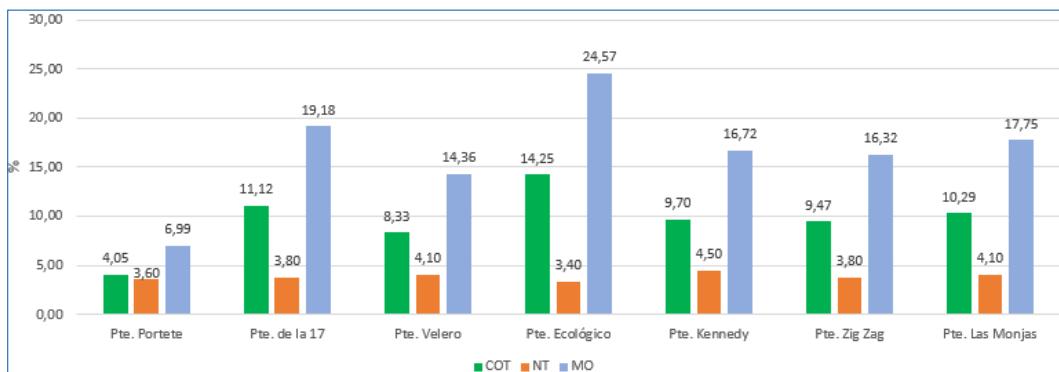


Figura 4 Relación COT:NT con MO en diciembre.



Figura 5 Prueba de Normalidad de Anderson - Darling para % MO.

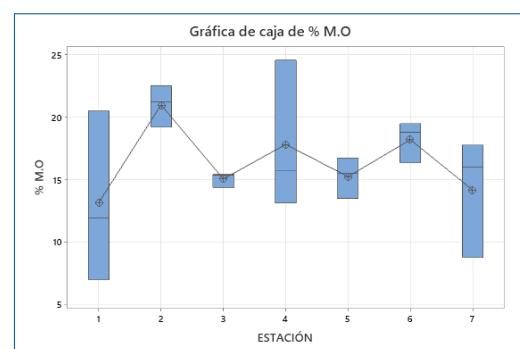


Figura 6 Gráfica de caja de % MO vs Estación.

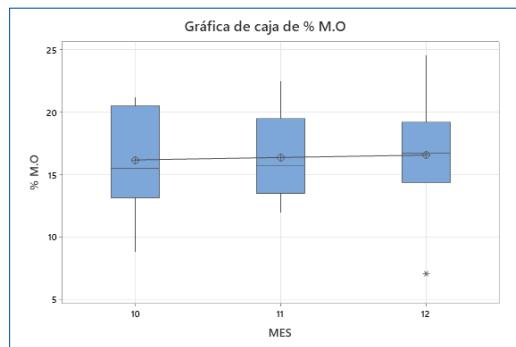


Figura 7 Gráfica de caja de % MO vs Mes.

encuentra dentro del rango aceptable de 6 - 8, excepto las estaciones Pte. Portete y Pte. Velero que superan ligeramente el límite máximo permisible. Según Boyd (2016), menciona que el pH alcalino (7,5 - 8) favorece la descomposición por acción bacteriana, tal como se evidencia en la tabla 2.

Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos de materia orgánica mediante la prueba de normalidad de Anderson-Darling mostró que los 21 datos correspondientes a las siete estaciones durante los tres meses seguían una distribución normal, con una media de $16,36 \pm 4,26\%$ y un valor p de 0,818 (Figura 5).

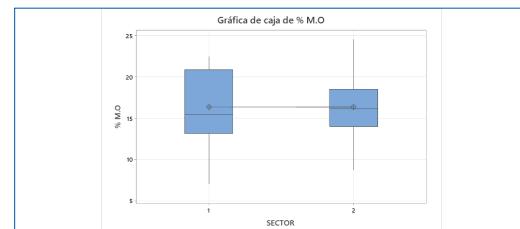


Figura 8 Gráfica de caja de % MO vs Sectores.

El análisis de varianza (ANOVA) no evidenció diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de materia orgánica entre estaciones ($p = 0,287$) ni entre los meses de estudio ($p = 0,987$) (Figura 6 y 7).

De igual forma, la prueba T de Student indicó que no existieron diferencias significativas entre los sectores del Estero Salado, con un valor $p = 0,984$ (Figura 8).

Conclusión

Se determinó la concentración de materia orgánica en los sedimentos del Estero Salado de Guayaquil, Ecuador, observándose variaciones entre las diferentes estaciones y meses de muestreo, con valores clasificados entre rangos moderados y altos. Asimismo, se cuantificó el contenido de carbono orgánico total y de nitrógeno total mediante los métodos de oxidación húmeda y Kjeldahl,

respectivamente, evidenciando que el carbono orgánico constituye la mayor proporción de la materia orgánica presente en los sedimentos. Se estableció la distribución espacial de la materia orgánica en las estaciones muestreadas, lo que permitió interpretar los patrones de acumulación y relacionarlos con factores ambientales y antropogénicos. Finalmente, al comparar la proporción de materia orgánica en relación con las variables mes, sector y estación, los análisis estadísticos demostraron que no existieron diferencias significativas, aceptándose así la hipótesis nula de normalidad en la distribución de estas variables.

Estos hallazgos proporcionan información valiosa sobre la composición y distribución de la materia orgánica en los sedimentos del Estero Salado, constituyendo una base para futuras investigaciones y acciones de gestión ambiental.

Recomendaciones

Se recomienda implementar un plan de monitoreo y remediación en las zonas con mayores concentraciones de materia orgánica. Además, se sugiere complementar los análisis realizados con la determinación de fósforo total y un estudio granulométrico de los sedimentos, con el fin de evaluar su influencia sobre la carga microbiana y la dinámica de los nutrientes en el Estero Salado.

Referencias Bibliográficas

- Baird, C., y Cann, M. (2012). *Química Ambiental*. New York, USA: Reverté S.A.
- Baird, R., Eaton, A., & Rice, E. (2017). Standard Methods for The Examination Of Water and Wastewater. En *American Public Health Association* (23a ed.). Washington DC, United States: American Public Health Association.
- Boyd, C. (2016). *Descomposición y acumulación de materia orgánica en estanques*. Obtenido de: <https://www.globalseafood.org/advocate/descomposicion-y-acumulacion-de-materia-organica-en-estanques/>
- Cárdenas, M. (2010). *Efecto de la contaminación hidrocarburífera sobre la estructura comunitaria de macroinvertebrados bentónicos presentes en el sedimento del Estero Salado* [Tesis de maestría, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional Universidad de Guayaquil. <https://repositorio.ug.edu.ec/items/c2e37bff-e24d-4f6a-8a75-79b2ef358aed>
- EMAPAG. (2015). *DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO UNIVERSALIZACIÓN DEL ALCANTARRILLADO SANITARIO Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SISTEMA SUR DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES "LAS ESCLUSAS" Y SUS COMPONENTES COMPLEMENTARIOS*. Guayaquil.
- Guarco, K. (2015). *Tratamiento del sedimento marino del Ramal B del Estero Salado de Guayaquil, por el método "Soil-Washing", para la remoción de metales pesados* (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Hernández, A. (2017). *Evaluación de la contaminación físico-química y microbiológica de aguas del Estero Salado, Puente de Gómez Rendón, Guayaquil-Ecuador, año 2017* (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Herranz, M., Bolívar, J., Liger, E., Payeras, J., y Pinilla, J. (2007). *Procedimiento de toma de muestras de sedimentos para la determinación de la radiactividad ambiental*. Madrid, España: Consejo de Seguridad Nuclear.
- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. (2003). *Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros isicoquímicos y contaminantes marinos (agia, sedimentos y organismos)*. En *Manual de Técnicas Analíticas para la Determinación de Parámetros Flsicoquímicos y Contaminantes Marinos*. Santa Marta, Colombia: INVEMAR.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176: 2013 Agua, Calidad de Agua, Muestreo, Técnicas de muestreo*. Quito, Ecuador. Recuperado de: <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2176-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-T%C3%89CNICAS-DE-MUESTREO.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169: 2013 Agua, Calidad de agua, Muestreo Manejo y Conservación de Muestras*. En *Instituto Ecuatoriano De Normalización*. Quito, Ecuador. Recuperado de: <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACIÓN-DE-MUESTRAS.pdf>
- Magallanes, F. y Sucuy, B. (2020). *Análisis de la variación estacional de cadmio y estaño en sedimentos superficiales del Estero Salado-Guayaquil-Tramo B, durante el año 2019* (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente. (2019). *Proyecto de recuperación de las áreas protegidas de la ciudad de Guayaquil en Estero Salado e Isla Santay* (Vol. 0). Guayaquil. Recuperado de: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/07/2.ESTERO-SALADO.pdf>
- Reynold, M. (1971). *A Manual of Introductory Soil Science and Simple Soil Analysis Methods*. South Pasific, Nouena New Caledonia.
- Rojas, M., y Rojas, D. (2019). El Estero Salado en el desarrollo urbano de Guayaquil: crónicas de un recurso natural en decadencia. *Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo*. doi: 10.5821/siu.6590
- Schulte, E., & Hopkins, B. (1996). Estimation of soil organic matter by weight loss-on-ignition. En *Soil Organic Matter: Analysis and Interpretation* (pp. 21-31). Madison, Estados Unidos: Soil Science Society of America. doi: 10.2136/sssaspecpub46.c3
- Walkley, A., & Black, I. A. (1933). An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, Vol. 37, pp. 29-38. doi: 10.1097/00010694-193401000-00003