



**UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPÍRITU SANTO**

FACULTAD DE ARTES LIBERALES Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN "ALBERT  
EYDE"

**DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS  
(PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-  
DURÁN**

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

**AUTORA: Paula Daniela Sánchez Padilla**

**TUTORA: Blga. Maritza Cárdenas Calle, MSc.**

**SAMBORONDÓN, MAYO, 2016**

# **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta investigación a Dios y la Virgen María, a mi padre, que se ha esforzado siempre por mi superación personal, a mis hermanos (incluyendo a Ron y Lola) y a mi madre, empecé con ella la universidad y la culmino con un cielo de distancia, pero con ella.

Mis logros, son los logros de las personas que me han ayudado a superarme.

# **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN**

## **RECONOCIMIENTO**

Agradezco al Ing. Juan Carlos Erazo por brindarme su tiempo y compartir conmigo sus conocimientos de forma desinteresada, permitiéndome superarme en el ámbito profesional.

A Javier Real y Carlos Monroy por ayudarme en el trabajo de campo y motivarme durante la elaboración de este trabajo de investigación.

Y a mi tío Gabriel Sánchez, por su ayuda económica para la elaboración de los análisis de sedimento.

# **Determinación de la concentración de metales pesados (Pb, Cd y Hg) en el sedimento del Estero San Camilo-Durán**

**Paula Sánchez Padilla**

pdsanchez@uees.edu.ec , Facultad de Artes Liberales y Ciencias de la Educación-  
Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Espíritu Santo, Km. 2.5 Vía  
Puntilla Samborondón.

## **Resumen**

La valoración de contaminantes como metales pesados en ríos, estuarios y ecosistemas marinos es indispensable en estudios de impacto ambiental, especialmente en áreas influenciadas por actividades productivas con descargas a un cuerpo hídrico. Con esa perspectiva, este estudio tuvo como finalidad determinar la concentración de los metales plomo, cadmio y mercurio en los sedimentos del Estero San Camilo. Se colectaron los sedimentos en cuatro estaciones de muestreo con una draga Van Veen de 0.1m de capacidad con tres réplicas en cada sitio, durante la marea alta en diciembre del 2015. Los resultados fueron comparados con la norma canadiense *Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*. La mayor concentración de plomo fue 16 918 µg/kg, de mercurio 2 294 µg/kg, mientras que todos los análisis de cadmio resultaron ser menores a 375 µg/kg. La concentración de mercurio fue superior a la norma de referencia en todas las estaciones. Acorde al análisis estadístico, la mayor similitud se detectó en las estaciones 1 y 2; sin embargo, la estación 4 presentó los mayores niveles de concentración de plomo y mercurio, esta se caracterizó por estar cerca a un cuerpo hídrico alterado, industrias de procesamiento de alimentos y cultivos de tilapia.

**Palabras claves:** Contaminación, Durán, Ecuador, calidad ambiental, estaciones de muestreo.

## **Abstract**

The assessment of contaminants such as heavy metals in rivers, estuaries and marine ecosystems is essential in studies of environmental impact, especially in areas influenced by productive activities with discharges in a water body. With this perspective, this study aimed to determine the presence and concentrations of the metals lead, cadmium and mercury in Estero San Camilo sediments. The sediments were collected in four sampling stations with a Van Veen grab with a capacity of 0.1 m, with three replicates at each site during high tide in December 2015. The results were compared with the Canadian Standard Guidelines for the Sediment Quality Protection of Aquatic Life. The highest concentration of lead was 16 918 µg/kg, of mercury 2 294 µg/kg, while all cadmium analysis proved to be less than 375 µg/kg. The mercury concentration was higher than the referenced normative in all stations. According to the statistics, the highest similarity was detected on stations 1 and 2; but, station 4 had the highest concentrations of lead and mercury, this was characterized by being close to an altered water body, food processing industries and tilapia breeding centers.

# DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN

**Keywords:** Contamination, Durán, Ecuador, environmental quality, sampling stations.

## Introducción

La presencia de metales pesados en concentraciones elevadas es una afectación antrópica común en distintos cuerpos hídricos del mundo (Vandecasteele, De Vos, y Tack, 2002; Amin, Ismail, Arshad, Kong Yap, y Salleh, 2008). Las descargas industriales y agrícolas se encuentran entre las actividades antropogénicas que generan impactos relacionados con metales pesados al entorno. También se originan en la naturaleza como resultado de procesos geológicos, para posteriormente ser transportados a través de ríos y sedimentos (Du Laing, Rinklebe, Vandecasteele, Meers, y Tack, 2009). Muchos de estos metales son esenciales para el metabolismo de organismos eucariontes y para la correcta función de vías metabólicas subyacentes a los procesos de la vida de todos los organismos (Rainbow, 2006).

La denominación metales pesados proviene de su similitud con las propiedades metálicas. Este grupo incluye metaloides, actínidos, lantánidos y de transición. Poseen densidades elevadas en comparación con el resto de sustancias químicas y son tóxicos para la biota cuando se encuentran con una alta biodisponibilidad y tienden a acumularse en la cadena alimenticia (Baird y Cann, 2012, Rainbow, 2006). A diferencia de los compuestos orgánicos, no tienen la capacidad de degradarse totalmente en formas no tóxicas. Comúnmente, se piensa que son contaminantes del agua; sin embargo, en su mayor parte son transportados de un lugar a otro a través del aire en forma de gas o como especies adsorbidas sobre materia particulada o absorbida por ella (Baird y Cann, 2012).

## **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN**

Los metales pesados se encuentran entre los elementos químicos de mayor riesgo ambiental por su uso extensivo, toxicidad y distribución (Baird y Cann, 2012). No son biodegradables y poseen un potencial de bioacumulación en seres vivos; es decir, el contaminante tiene la capacidad de multiplicarse conforme ascienda en la cadena trófica, desde los productores hasta consumidores, pudiendo alcanzar 10 millones de veces su concentración original en el ambiente (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, y Alfayate, 2003).

Desde el punto de vista ecotoxicológico, el mercurio (Hg), cadmio (Cd) y plomo (Pb) destacan por su mayor peligrosidad, principalmente si se encuentran en forma de cationes; además, son altamente tóxicos si se enlazan a cadenas cortas de carbono (Baird y Cann, 2012). Estos metales tóxicos suelen encontrarse en cantidades considerables en los efluentes de la industria de cuero, curtiduría, textil, galvanoplastia, galvanización, pigmentos, colorantes y metalurgia, en pequeña y grande escala (Singh y Goyal 2007).

La exposición o bioacumulación de metales pesados en animales usados en la alimentación, puede causar alteraciones a la salud humana. Entre las enfermedades provocadas por el plomo, se encuentran las afectaciones cardiovasculares, hipertensión, efectos neuropsiquiátricos, abortos espontáneos causadas por el plomo (Goldman, Hu, Elmore, y Parl, 2015); así también, el cadmio provoca consecuencias gastrointestinales, enfermedades dirigidas al sistema óseo y alteraciones respiratorias (Godt et al., 2006); en cuanto al mercurio, produce el deterioro permanente del sistema nervioso central, enfermedades renales y en casos severos, la muerte (Beauchamp et al., 2015).

## **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN**

Estos elementos también pueden tener consecuencias en los componentes ambientales de un sector. En la vida silvestre, se ha detectado que el mercurio tiene efectos estrogénicos, afectando los procesos reproductivos y el desarrollo en poblaciones faunística (Beauchamp et al., 2015), así como los diferentes casos de bioacumulación en animales acuáticos como la *Tilapia nilotica* (276; 7.8; 12.3; 7 990; 512 ppm de Pb, Cd y Hg respectivamente en riñones) (Abdel-Baki, Dkhil, y Al-Quraishy, 2011), *Scomberomorus cavalla* (sobre 0.5 µg/g de Hg en músculo), *Thunnus alalunga* ( $0.444 \pm 0.148$  µg/g de Hg) o *Euthynnus affinis* ( $0.075 \pm 0.053$  µg/g de Hg) (Zuluaga, Gallego, y Ramírez, 2015). Así también la flora puede ser susceptible, el cloruro de cadmio tiene la capacidad de inhibir significativamente el porcentaje de germinación, crecimiento de raíz, tallo, brotes y el peso de las plántulas (Espanany, Fallah, y Tadayyon, 2015).

Los cuerpos hídricos ubicados junto a áreas construidas por el ser humano, son susceptibles a la contaminación causada por los efluentes de áreas industriales y residenciales (Pin-jing, Li-ming, Guo-wei, Cheng-lin, y Chen, 2001). Para el caso de esta investigación, se ha considerado el Estero San Camilo, ubicado en el cantón Durán, provincia del Guayas. Acorde al mapa de cobertura y uso de la tierra del Cantón Durán, las riberas del estero poseen complejos industriales, áreas en proceso de urbanización, vegetación herbácea de humedal muy alterada, centros poblados, vegetación herbácea seca muy alterada, manglar muy alterado, matorral seco muy alterado y estructuras de almacenamiento de alimentos e insumos denominadas silos (Instituto Geográfico Militar, 2013).

## **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN**

Las áreas costeras, y en particular el cuerpo hídrico objeto de este estudio, se encuentran entre los ecosistemas más productivos desde el punto de vista ecológico, por ser zonas de recarga hídrica, la misma que está determinada por la influencia de la marea, condicionando el ingreso de nutrientes desde el río Guayas al Estero San Camilo de donde se extrae agua para múltiples actividades, principalmente las agrícolas; por ello es importante la evaluación de sedimentos en cuanto a la presencia de metales (Amin, Ismail, Arshad, Kong Yap, y Salleh Kamarudin, 2008). Las consecuencias de la exposición a metales pesados son alarmantes y presentan un peligro tanto para la biodiversidad como para la salud humana, por ello se ve la necesidad de conocer el comportamiento y efectos causados por estas sustancias químicas, de tal forma que sea posible la gestión de los ecosistemas y la identificación de cambios en el ambiente que representen efectos adversos (Singh y Goyal 2007).

A pesar de que varias de las actividades productivas desarrolladas junto al estero San Camilo han tramitado el Permiso Ambiental correspondiente (Prefectura del Guayas, 2016), la información disponible de línea base o las concentraciones de plomo, cadmio y mercurio en el sedimento es marginal, ya que la Dirección General de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Durán (2016), no cuenta con información disponible (ni existe la exigencia de determinar parámetros de contaminación en este tipo de componente del medio acuático en la normativa ambiental vigente, la exigencia únicamente se extiende al recurso agua como recurso líquido (Ministerio del Ambiente, 2015). Existiendo este vacío de información que puede



## **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN**

ayudarnos a determinar la calidad del ecosistema, de una forma histórica, urge investigar los contenidos de contaminantes presentes en sedimentos.

Esta investigación determina la presencia y concentración de los metales Plomo, Cadmio y Mercurio en los sedimentos del Estero San Camilo, ubicado en el cantón Durán y aporta con información relacionada con la calidad ambiental del estero, necesaria para el desarrollo de estrategias de monitoreo y control de la contaminación de las actividades productivas que se desarrollan en las zonas aledañas a este cuerpo hídrico.

### **Marco Teórico**

Uno de los metales pesados de mayor persistencia y nivel de toxicidad es el plomo (Spiro y Stigliani, 2004). Este metal blando es el elemento número 82 en la tabla periódica. Ha sido usado ampliamente por el hombre en baterías plomo-ácido, pero a lo largo de la historia se presentan otras aplicaciones como la fontanería, a través de las soldaduras de plomo y estaño (Housecroft y Sharpe, 2006); en la pintura, ya sea como  $Pb_3(OH)_2(CO_3)_2$ , conocido como “plomo blanco”, utilizado en decoración de interiores (Sawyer, McCarty, y Parkin, 2009; Spiro y Stigliani, 2004) o empleado como cromato de plomo ( $PbCrO_4$ ) en la coloración amarilla de los buses escolares o líneas de carreteras. Además, el  $Pb_3O_4$  o “plomo rojo” es utilizado en forma de pigmento y recubrimiento para evitar la corrosión en acero y hierro (Spiro y Stigliani, 2004). Se usó como aditivo antidetonante en el combustible de automóviles en forma de compuestos organometálicos de plomo (IV), como el  $Et_4Pb$ , posteriormente, este se libera a la atmósfera en forma de Óxido de Plomo o a través de los gases de escape en forma

## **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN**

de pequeñas partículas de  $PbX_2$ . A pesar de la gran variedad de usos que posee, su consumo ha disminuido gracias al aumento de la conciencia ambiental. (Housecroft y Sharpe, 2006).

El Plomo origina anualmente miles de envenenamientos en niños de zonas urbanas. En Estados Unidos, la ingesta de plomo a través de polvo o de alimentos contaminados se estima en 50 micras al día. Las zonas urbanas ubicadas a lo largo de las autopistas suelen poseer niveles de plomo que superan los 100 ppm, por otra parte, las áreas rurales no superan los 10-20 ppm. (Spiro y Stigliani, 2004). La exposición a largo plazo a una fuente, como las tuberías de agua viejas o pinturas, tiene como consecuencia el envenenamiento crónico (Housecroft y Sharpe, 2006).

La absorción del plomo en el organismo depende de sus propiedades físicas y químicas, especialmente del tamaño de la partícula. Las partículas de tamaños elevados son insolubles y pasan inalteradas a través del estómago e intestino; no obstante, las partículas pequeñas de compuestos solubles de plomo, son absorbidas con facilidad (Spiro y Stigliani, 2004). La exposición elevada causa anemia debido a que provoca deficiencia de hierro-porfirina. Se ha detectado que en concentraciones inferiores a 5 micras/dL, afecta el crecimiento, sistema auditivo y desarrollo mental de menores de edad. Según Bowen (1979), la dosis tóxica de plomo en la dieta humana es de 1 mg/día, y letal de 10 kg/día (Spiro y Stigliani, 2004).

Otro metal persistente y altamente contaminante es el cadmio cuyo uso es común en la manufactura de pinturas, baterías y plásticos. La fuente principal de

## **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN**

contaminación es su aplicación en el enchapado de productos de hierro para prevenir la corrosión. (Sawyer, McCarty, y Parkin, 2009). Posee propiedades similares al zinc, por ello, estos metales se asocian en la corteza terrestre y se extraen juntos en actividades mineras. Como resultado, la erosión de acero tratado con zinc (acero galvanizado) produce polvo urbano con cadmio en concentraciones elevadas (Spiro y Stigliani, 2004).

Este tipo de contaminación también se presenta en áreas de fundición de plomo y cobre. Las pilas recargables de níquel-cadmio también son consideradas entre las fuentes principales, son utilizadas en calculadoras, cámaras o dispositivos similares. Además, su forma iónica es utilizada como pigmento, permitiendo preparar diferentes tonalidades a través del sulfuro de cadmio, principalmente en plásticos. Al igual que el mercurio, el cadmio es altamente volátil por lo que la incineración de los desechos que contienen cadmio generan sus emisiones al ambiente (Baird y Cann, 2012).

Este elemento también se deriva de actividades agrícolas ya que algunos fertilizantes de fosfato poseen cadmio iónico, adsorbidos y acumulados por las plantas siendo así una de las principales fuentes de suministro de cadmio para las personas. La dosis tóxica de cadmio en la dieta humana es de 3-300 mg/día, y letal de 1.50-9 kg/día (Baird y Cann, 2012, Spiro y Stigliani, 2004)

Entre las enfermedades más conocidas producidas por el cadmio, está la degradación de los huesos causada por la interferencia de  $Cd^{2+}$  a la deposición de  $Ca^{2+}$ , causando el aumento de porosidad en los huesos y por ende, el aumento en la posibilidad de fractura. La exposición crónica también se ha relacionado con las

## **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN**

enfermedades pulmonares, coronarias y afectaciones al hígado (Spiro y Stigliani, 2004).

El mercurio es el metal más volátil cuya propiedad fundamental es su alta capacidad de conducción de electricidad en estado líquido. El uso del mercurio proviene desde tiempos antiguos como el HgS para los pigmentos rojos. Hoy en día, es aplicado en campos como la medicina, agricultura, metalurgia, electrónica, entre otros (Skoog, West, Holler, y Crouch, 2015). Ha sido usado en la extracción de oro y plata, elaboración de amalgamas, baterías, instrumentos científicos, lámparas, producción electrolítica de cloro y en la fumigación contra enfermedades de plantas y pestes por insectos (Sawyer et al., 2009b).

Debido a que posee la propiedad de ser líquido a temperatura ambiente, es utilizado en la fabricación de contactos eléctricos flexibles y útiles en aplicaciones científicas, industriales y domésticas. Se encuentra en termostatos, interruptores silenciosos de luz, focos fluorescentes (Skoog et al., 2015).

También se encontraba presente en las pilas, y en forma de óxido mercúrico en la pasta de estas; empero, su consumo se ha reducido de manera drástica, de 10 000 ppm a 300 ppm aproximadamente en pilas alcalinas, en otros tipos se ha eliminado totalmente. Actualmente su uso aún está permitido en las pilas de botón, en lámparas de mercurio del alumbrado público y en bombillas de luz fluorescente (Baird y Cann, 2012).

En la agricultura y en la industria se usan como fungicida los compuestos mixtos de metilmercurio. No obstante, al tener contacto con el suelo, procede a degradarse e inmovilizarse de forma insoluble por la unión con el azufre

## **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN**

procedente de materia orgánica y arcillas. En ciertos casos, debido a su filtración por las rocas y el suelo puede trasladarse hasta los cuerpos de agua por procesos naturales, los mismos que se han acelerado por la actividad antrópica (Baird y Cann, 2012).

El aire también se ve altamente afectado por las emanaciones de vapor de mercurio. Las fuentes principales son la quema no regulada de carbón, petróleo y la incineración de residuos municipales con mercurio residual (Baird y Cann, 2012).

El mercurio inorgánico prevalece en forma de ion  $\text{Hg}^{2+}$  o de iones inorgánicos complejos derivados. Sus niveles pueden ser elevados incluso en áreas remotas, superando de dos a cinco veces las cantidades presentes en la época preindustrial. Los focos de contaminación pueden llegar a tener diez o más veces niveles superiores. En el caso de los cuerpos hídricos naturales, el  $\text{Hg}^{2+}$  se une a partículas en suspensión, finalmente depositándose en los sedimentos (Baird y Cann, 2012).

La toxicidad del mercurio es compleja debido a que puede formar compuestos orgánicos, como inorgánicos (Skoog et al., 2015). Según Bowen (1979) su dosis tóxica en la dieta humana es de 0,4 mg/día, y letal de 150-300 mg/día. La toxicidad por exposición se asocia en un 94% con el consumo de pescado. Su origen proviene del proceso de bacterias reductoras de sulfato presentes en el sedimento, las cuales generan metilmercurio para posteriormente ser absorbido por peces. La forma presente es el complejo neutro  $\text{CH}_3\text{HgCl}$ , presente en el medio salino de fluidos biológicos. Adicionalmente se suma

## **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN**

bioacumulación del metal pudiendo alcanzar hasta niveles de 20 ppm en la cima de la cadena trófica (Skoog et al., 2015).

El vapor de mercurio es altamente tóxico, en casos de inhalación, sus átomos se trasladan de los pulmones hasta la corriente sanguínea; atravesando la barrera hematoencefálica y entrando en el cerebro de forma fácil. Sus consecuencias son daños en el sistema nervioso central con dificultades en la coordinación y los sentidos del gusto y la vista (Baird y Cann, 2012).

Además, es importante destacar las interacciones entre los sedimentos y los metales pesados, por ejemplo, los elementos que afectan la calidad de agua tienen relación con el nivel de contaminación presente en sedimentos debido a que se precipitan al fondo de los cuerpos hídricos, dando como resultado la generación de procesos físicos, químicos y biológicos que causan la degradación del sedimento. Estos contaminantes tienen la capacidad de realizar el proceso contrario, es decir, liberarse y afectar nuevamente al agua. Por ello, el control de calidad de sedimento es un procedimiento esencial para el proceso de recuperación de ríos urbanos (He, Shao, Gu, Bian, y Xu, 2001).

Los suelos y sedimentos son los sumideros finales de los metales pesados. Se conoce como sedimento a las “capas de partículas de minerales y de materia orgánica, a menudo de grano fino, que se encuentran en las profundidades de las masas de agua natural como lagos, ríos y océanos”. Los sedimentos poseen una importancia ambiental alta debido a que actúan como sumideros de varios compuestos químicos, principalmente de metales pesados. De esta forma, la

## **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN**

gestión de la calidad de sedimentos es fundamental para la conservación global del agua (Baird y Cann, 2012).

Los sedimentos poseen propiedades especiales en comparación con otros componentes del fondo acuático. Su alta porosidad y alto contenido de agua mayor al 70% permiten una fluidez alta comparable con el agua. El sedimento contaminado suele encontrarse localizado en la capa superior del material de fondo, alrededor de 1.0 m de profundidad por debajo de la interface sólida-líquida (He et al., 2001).

La capacidad de acumulación de los sedimentos es un proceso continuo que ocurre tanto cuando la contaminación se presenta de forma elevada, como cuando la calidad de los cuerpos hídricos se ha reformado. Incluso las aguas pluviales pueden causar afectaciones debido a que la escorrentía urbana puede poseer contaminantes. (He et al., 2001).

El comportamiento de los iones de metales pesados se caracteriza por su adsorción cuando se encuentran sobre la superficie de partículas, en especial de orgánicas. Estas partículas pueden depositarse en el fondo de los lagos, quedando encerradas cuando otros sedimentos se depositan encima y así se transforman en sumideros de una gran cantidad de contaminantes. A pesar de ello, previo a ser soterradas, el proceso de desorción puede causar nuevamente la contaminación del agua por la materia recientemente depositada. Igualmente, puede ingresar y bioacumularse en la cadena trófica si es que estos son consumidos por organismos que habitan en el sedimento (Baird y Cann, 2012). El proceso de sedimentación también es influenciado por la masa de los elementos, la cual en orden ascendente,

## **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN**

el cadmio posee masa de 112.41, mercurio de 200.59 plomo de 207.2 (Schramel y Wendler, 2012).

La biodisponibilidad y el comportamiento ecotoxicológico de metales en sedimentos se determina mayormente por su forma fisicoquímica. Su acumulación en diferentes fracciones de sedimento se basa en factores como la textura, materia orgánica y condiciones que acompañan la formación de estas fracciones. De igual forma, la removilización de las reservas de metales en los sedimentos depende del contenido del metal en las fracciones y alteraciones de las condiciones ambientales tales como el pH y redox. La salinidad también se considera como un factor en la biodisponibilidad de metales pesados, ya que, si existen variaciones de salinidad, se puede afectar la unión de metales pesados al suelo. Por el aumento de las concentraciones de cloruro, los metales pesados pueden movilizarse del suelo como complejos de cloruro solubles (Du Laing, et al., 2002).

En el Ecuador, los esteros se encuentran afectados debido a las actividades industriales y expansión poblacional. Existe un deficiente sistema de tratamiento de desechos, dando como resultado la descarga del 70 a 80% de descargas domésticas totales al Río Guayas y al Estero Salado, esto se traduce en la introducción de nitrógeno, fósforo, bacteria fecal, virus y el aumento de la demanda biológica de oxígeno. En el caso de las descargas industriales, se generan efluentes compuestos por un amplio rango de químicos entre los cuales se incluyen blanqueadores, cloraminas, metales pesados y orgánicos de elevado peso molecular derivado de aceites y plásticos (Comisión Asesora Ambiental de la Presidencia de la República, 1996).



## **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN**

Esta información concuerda con los estudios realizados a cuerpos hídricos del Golfo de Guayaquil, en los cuales se detecta la presencia de metales pesados en sus sedimentos. En el Estero Salado, el análisis indica que posee concentraciones de plomo en el área de Miraflores, Kennedy y Urdesa, de 37 820, 19 000 y 19 000  $\mu\text{g}/\text{kg}$  respectivamente en el sedimento; el cadmio es de 700  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en los tres sectores y mercurio de 100  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en los tres sectores (Cárdenas, 2010).

Otros estudios realizados al sedimento del Estero Salado, en la zona del Puente Portete, indican concentraciones de cadmio y plomo en promedio de 4 100  $\mu\text{g}/\text{kg}$  y 51 200  $\mu\text{g}/\text{kg}$  respectivamente. El mercurio se presenta con una concentración de 500  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (Jiménez, 2012).

El Estero San Camilo es un cuerpo hídrico que forma parte del Golfo de Guayaquil. Considerando las imágenes satelitales de Google Earth, posee una longitud aproximada de 2 904 metros, iniciando frente a la Agroindustria Dajahu S.A. en el km. 6,5 de la Vía Durán Tambo y desembocando en el Río Guayas junto a un sector industrial. Es un cauce natural influenciado por las mareas y posee caudal variable acorde a la estación climática, durante los meses de mayo a diciembre (estación seca) es menor en cuanto a los meses de enero a abril (estación lluviosa). Análisis realizados en el año 2010 registran en la estación seca un caudal de 8.592,49  $\text{m}^3/\text{día}$  (Cobeña, 2015).

Según el mapa geológico del Golfo de Guayaquil, el estero se forma sobre sedimentos cuaternarios compuestos por arcillas, marinas estuarinas. El tipo de suelo es del orden Entisoles, suborden Aquents del gran grupo Sulfaquents, cuyo

## **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN**

nivel de humedad se describe como seco y su temperatura es cálida. Su fisiología es de zonas litorales y marinas, se caracteriza por ser suelos mal drenados, saturados con agua todo el año, con sales; colores oscuros, limo arcillosos; profundos. (Comisión Asesora Ambiental de la Presidencia de la República, 1996). Nace a partir de la unión de dos esterillos y un canal. Los esterillos se conectan a canales provenientes de zonas agrícolas ubicadas junto a las vías Durán – Boliche, Durán – Tambo y Durán-Yaguachi; por lo tanto, reciben su escorrentía superficial lo cual puede ser corroborado con las infraestructuras existentes en el área. Esta zona también es conocida por su crecimiento urbano comercial e industrial (Cobeña, 2015).

Se encuentra situado entre industrias tales como procesamiento de productos agrícolas, procesadoras de arroz (ELITE CONSULTOR CÍA LTDA., 2013a, 2013b), una plaza industrial (Acosta, 2015), producción de papel usando como materia prima papel reciclado, procesamiento de cartón, talleres mecánicos, plantas de tratamiento (Cobeña, 2015), bodegas, galpones, silos de almacenamiento de granos (Cedeño, 2013; ELITE CONSULTOR CÍA LTDA., 2013b), tilaperas (Esteves y Pileggi, 2008), zonas de pastoreo (Instituto Geográfico Militar, 2013), granjas avícolas (Benites, Lozano, y Torres, 2013), entre otras. Entre las ciudadelas asentadas están Brisas de Santay, Fincas Delia y Brisas de Procarsa. Como consecuencia de su ubicación geográfica, a este cuerpo hídrico se realizan tanto las descargas domésticas como las industriales de la zonas aledañas (Cobeña, 2015).

## **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN**

Diferentes investigaciones han llegado a la conclusión de que este cuerpo hídrico posee alteraciones a la calidad de sus componentes. Limongi, Cárdenas, y Erazo (2016) afirman que las concentraciones máximas de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) son 71.33 mg/kg, 0.93 mg/kg y 43.19 mg/kg respectivamente, como resultado de las actividades desarrolladas en el sector, tanto industriales como domésticas. Adicionalmente, Cárdenas (2013) realizó un análisis de diversidad de especies de macroinvertebrados, en el cual la estación localizada en el Estero San Camilo posee la menor diversidad con 0 bits.org<sup>-1</sup>, menor riqueza de especies con un valor de 1 y menor distribución de los organismos con un valor de 0, caracterizada como “zona muy crítica”.

### **METODOLOGÍA**

La presente investigación es de tipo exploratorio, enfoque cuantitativo, paradigma positivista. El estudio se basó en un muestreo puntual no probabilístico de los sedimentos del Estero San Camilo que comunica a afluentes provenientes del cantón Durán y en donde se descargan las aguas residuales de un importante sector industrial del cantón Durán para finalmente desembocar al Río Guayas.

Se realizó la recolección de las muestras de sedimento superficial en cuatro estaciones de muestreo el 18 de diciembre de 2015, durante la marea alta en la zona intermareal durante el inicio de la época lluviosa; las muestras fueron colectadas mediante el uso de una draga Van Veen de 0.1 m<sup>2</sup> de capacidad de mordida. Se realizaron tres réplicas por cada sitio de estudio consideradas de forma individual. Los puntos de muestreos fueron georeferenciados con el GPS marca Garmin GPSMap 60CSX. Las muestras fueron almacenadas en bolsas

## DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN

herméticas de polietileno de 27 x 28 cm. Cada muestra fue etiquetada y almacenada en una hielera, para su conservación, transporte y posterior análisis en el Laboratorio Productos y Servicios Industriales Cía. Ltda el cual cumple con las normas de acreditación para el laboratorio establecidos en el Sistema de Calidad ISO/IEC 17025 y posee el Certificado de Acreditación No. OAE LE 2C 05-003. Se analizaron las concentraciones de plomo, cadmio y mercurio en cada una de las réplicas por cada estación a través de la técnica de espectrofotometría de absorción atómica (Productos y Servicios Industriales Cía. Ltda, 2015).

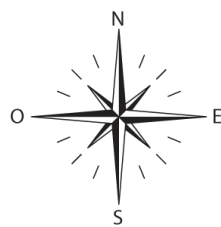
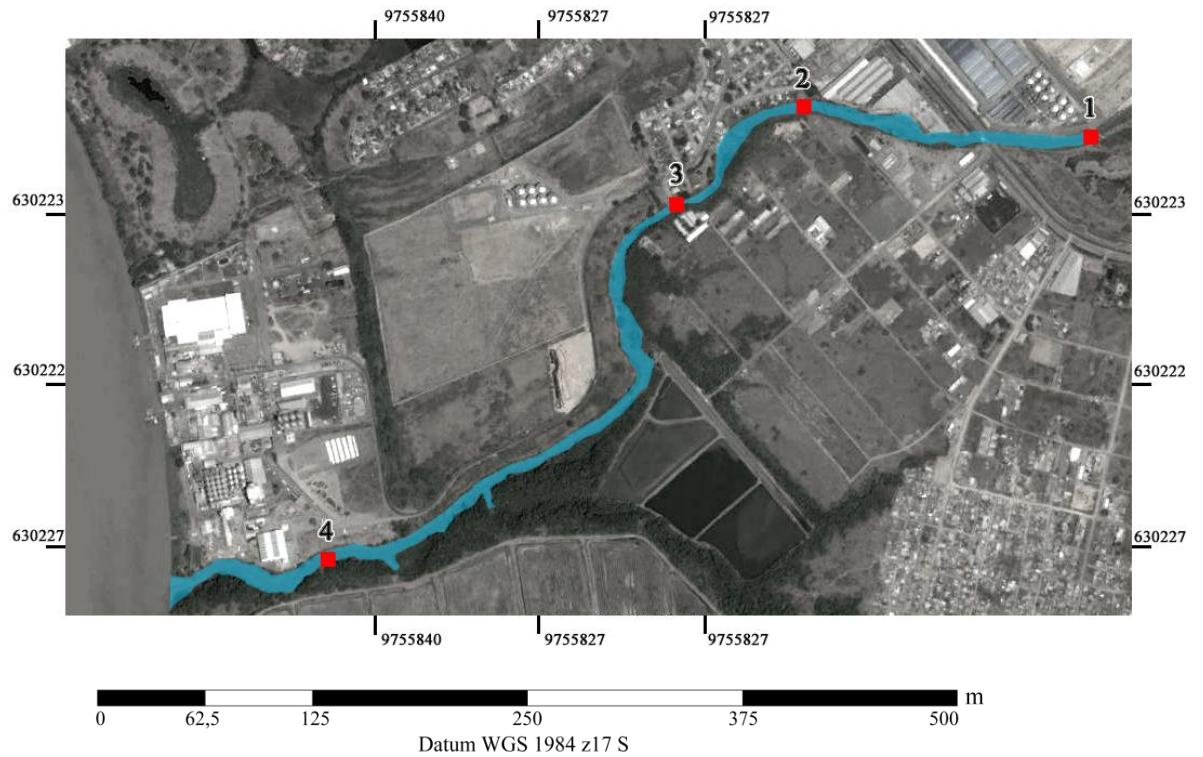
Las estaciones de muestreo fueron determinadas en función a las actividades antrópicas que se desarrollan a lo largo del Estero, su ubicación se detalla en la Tabla 1.

Estación	Coordenadas Geográficas (UTM)		Referencia
	X	Y	
1	632636	9755825	Bifurcación del estero, junto a bodegas de almacenamiento de granos, zona de pastoreo y a la construcción de un nuevo parque industrial de Durán.
2	631935	9755904	Junto a planta procesadora de arroz, y a una procesadora de cartón.
3	631643	9755660	Junto a la Cdla. Brisas de Procarsa, a un taller automotriz y a una granja avícola.
4	630831	9754851	Desembocadura al Río Guayas, junto a una procesadora de alimentos y al sur, criaderos de

# DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN

tilapias.

Tabla 1: Ubicación de las estaciones de muestreo localizadas en el cantón Durán, provincia del Guayas.



## **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN**

Figura 1. Ubicación de las estaciones de muestreo en el Estero San Camilo, ubicado en el cantón Durán, provincia del Guayas (Gobierno Autónomo Descentralizado de Durán, 2011).

Se realizó la prueba de normalidad (Shapiro-Wills modificado) por tener  $n < 30$  (Legendre, 1998) para determinar la distribución de los datos de plomo, cadmio y mercurio. Debido a que los datos no presentaron una distribución uniforme se realizó estadística no paramétrica. Se realizaron análisis multivariados, tales como el análisis por conglomerados para la determinación de similitud de las estaciones basado en el método de distancia métrica Euclidiana.

Adicionalmente, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) para determinar cuál de las variables es de mayor incidencia en la distribución de las estaciones mediante el uso del software estadístico Infostat version libre 2011. Posteriormente se realizó el análisis de varianza (ANOVA) usando el test de Kruskal-Wallis para determinar diferencias significativas entre las concentraciones de los metales entre los sitios de estudio. Se utilizó gráficos de Box Plot para describir las medidas de tendencia central (mediana) y de dispersión de los datos.

Los resultados fueron comparados con la norma canadiense *Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*, debido a que el Ecuador no posee una normativa para evaluar la calidad ambiental de los sedimentos. Esta norma contiene Directrices Interinas de Calidad de Sedimento (ISQG) que corresponde a los niveles, bajo los cuales no se esperan efectos biológicos adversos (Sakan, et al., 2011), en el caso del plomo, cadmio y mercurio

## DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN

corresponden a 35 000, 600 y 170  $\mu\text{g}/\text{Kg}$  respectivamente. El CCME también ha desarrollado los Niveles de Efectos Probables (PEL), que corresponden a las concentraciones sobre las cuales los efectos adversos biológicos son frecuentemente encontrados (Sakan, et al., 2011), estos niveles corresponden en el plomo a 91300  $\mu\text{g}/\text{Kg}$ , cadmio a 3500  $\mu\text{g}/\text{Kg}$  y mercurio a 486  $\mu\text{g}/\text{Kg}$  (Canadian Council of Ministers of the Environment, 1997). Por ser una norma extranjera, las condiciones bajo las cuales han sido levantados estos límites difieren de las condiciones de los ecosistemas de Ecuador, por lo tanto la comparación es referencial.

### Análisis de los resultados

Los resultados obtenidos de las muestras tomadas del Estero San Camilo se presentan en la Tabla 1. Las concentraciones de plomo mostraron una amplia variación que oscilaron entre 16 918 a 5 486  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , mientras que las concentraciones de mercurio se encontraron en menor concentración en relación a las concentraciones de plomo, las mismas que oscilaron entre 2 294 y 172  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . y Cadmio presentó un valor constante menor a 375  $\mu\text{g}/\text{kg}$ .

Sitio de muestreo	Número de réplica	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )		
		Plomo	Cadmio	Mercurio
1	1	10 260	<375	360
	2	9 978	<375	1 049
	3	9 876	<375	879

**DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN**

	1	9 944	<375	799
2	2	12 310	<375	694
	3	7 840	<375	172
<hr/>				
	1	<5 000	<375	634
3	2	<5 000	<375	611
	3	8 820	<375	643
<hr/>				
	1	<5 000	<375	2 294
4	2	16 918	<375	1 658
	3	5 486	<375	1 700
<hr/>				
<b>Nivel Máximo</b>		16 918	<375	2 294
<b>Nivel Mínimo</b>		<5 000	<375	172
<b>Desviación Estándar</b>		3 152.14	0	620.48
<b>Promedio</b>		10 159.11	No Aplica	957.75

Tabla 2. Resultado del análisis de las concentraciones de Pb, Cd y Hg en los sitios de muestreo

La estación 4, repetición 2 presentó el nivel máximo de plomo (16 918  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ), mientras que los niveles mínimos se presentaron en la estación 3, repeticiones 1 y 2, y, estación 4, repetición 1, siendo los valores detectados inferiores a 5 000  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Todos los sitios de muestreo presentaron valores de cadmio menores a <375  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Finalmente, la estación 4, repetición 1, presentó el nivel máximo de mercurio (2294  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ), mientras que la estación 2, repetición 3, obtuvo el valor mínimo de este elemento (172  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).



## DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN

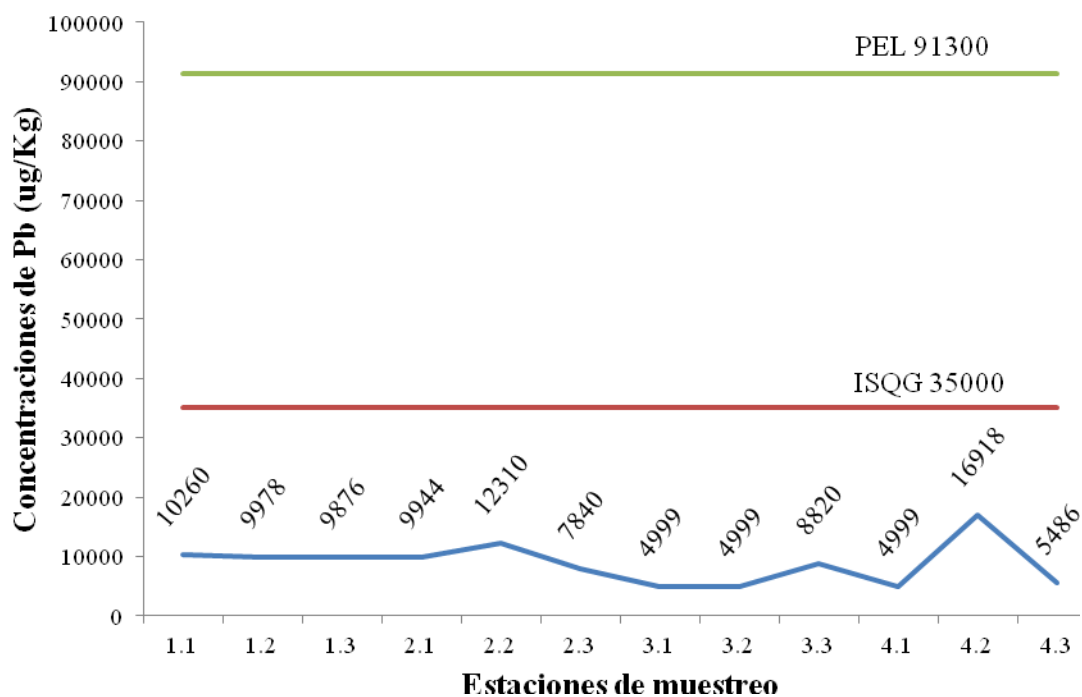


Figura 2. Distribución de las concentraciones de plomo registrados en los sitios de muestreo.

La menor concentración de plomo se registró en las estaciones 3.1, 3.2 y 4.1; sin embargo la mayor concentración se encuentra en el punto 4.2, esta estación se caracteriza por encontrarse junto al río Guayas. Los límites establecidos por el CCME, las concentraciones fueron inferiores a las directrices ISQG y PEL (Figura #2).

## DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN

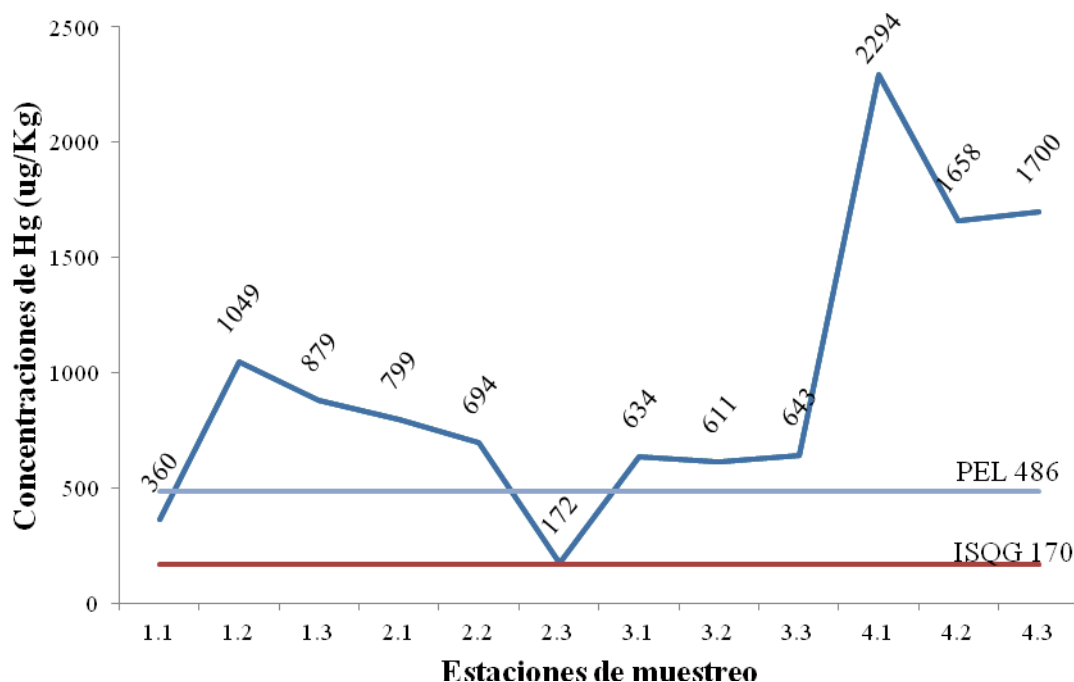


Figura 3. Distribución de las concentraciones de mercurio registrados en los sitios de muestreo.

La menor concentración de mercurio se encontró en el sitio 2.3, junto a una industria agrícola y el sector de procesamiento de cartón, mientras que las mayores concentraciones se encontraron en la estación 4.1. Todas las estaciones presentan concentraciones de mercurio por encima de la directriz ISQG, y únicamente las estaciones 1.1 y 2.3 se encuentran por debajo de las directrices PEL, como se muestra en la figura 3.

El análisis de conglomerados (Figura 3), determinó que existen dos grupos entre las estaciones, el primer grupo de mayor similitud entre las estaciones 1 y 2, (estaciones cercanas al área de bifurcación del estero); el segundo grupo conformado por las estaciones 3 y 4, cercanas a la desembocadura en el río Guayas.

## DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN

Las estaciones que presentaron la mayor similitud en un 50% entre sí fueron las estaciones 1 y 2, caracterizadas por encontrarse junto a industrias de procesamiento agrícola, procesamiento de cartón y junto a asentamientos humanos. Mientras que las estaciones 3 y 4, registraron un nivel de similitud menor al 50%; ambas estaciones poseen influencia de áreas de cultivo de tilapia y, en comparación con las estaciones 1 y 2, se encuentran a menor distancia de la desembocadura del estero al Río Guayas (Figura 3).

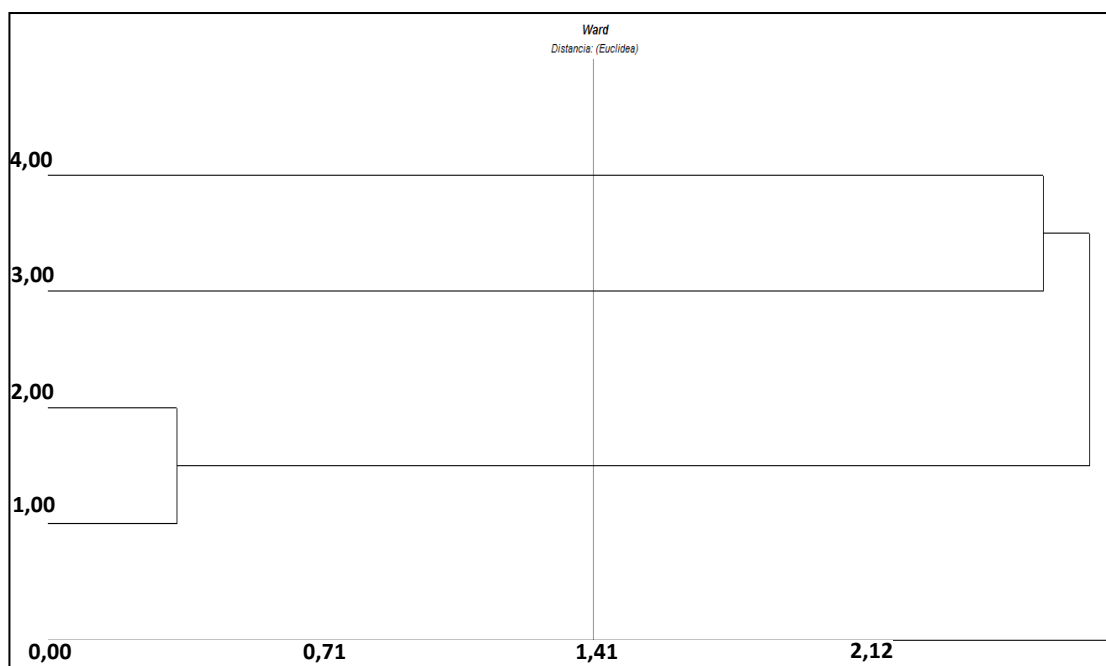


Figura 4. Dendrograma de la similitud entre las estaciones de muestreo.

El análisis de componentes principales (CPA), ambos componentes explican el 100% de la variabilidad de las observaciones entre los sitios de muestreo analizados (Figura 4). El gráfico representa una alta incidencia en los elementos plomo y mercurio, tanto en el eje de las X ( $CP_1$ ) como en el eje Y ( $CP_2$ ).

## DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN

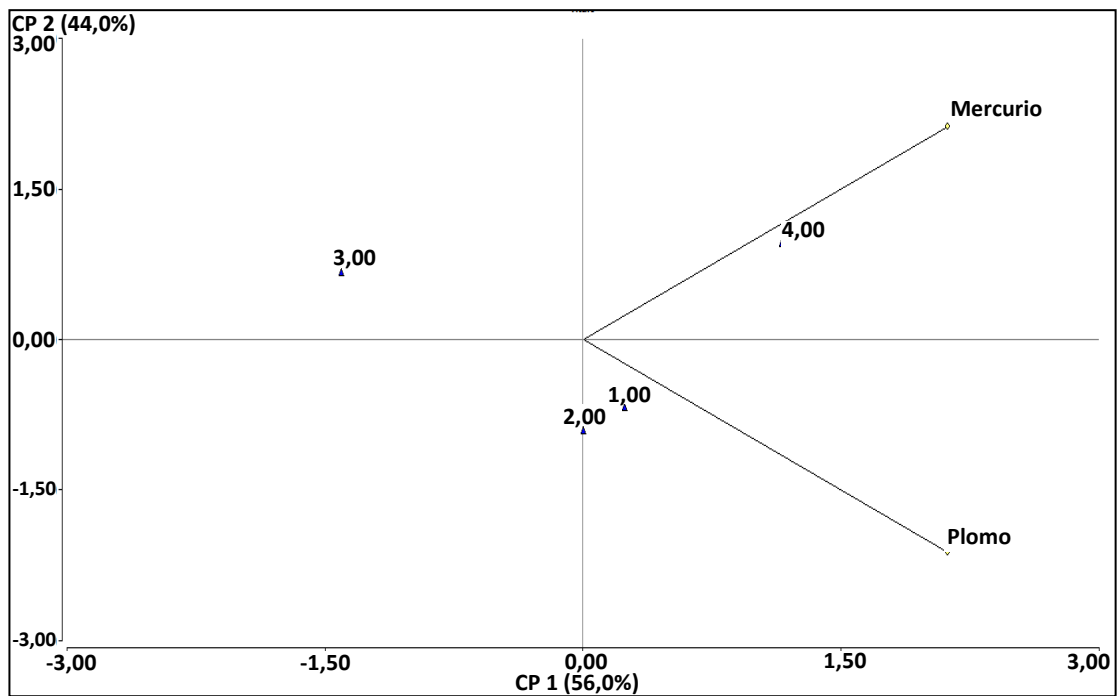


Figura 5. Análisis de Componentes Principales (PCA) de las variables plomo y mercurio en los sitios de estudio.

No existen diferencias significativas entre las concentraciones de plomo ( $p > 0,05: 0,26$ ) ni mercurio ( $P > 0,05: 0,075$ ) en las cuatro estaciones muestreadas, con un nivel de confianza del 95% y 5% de error (Figura 5).

## DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN

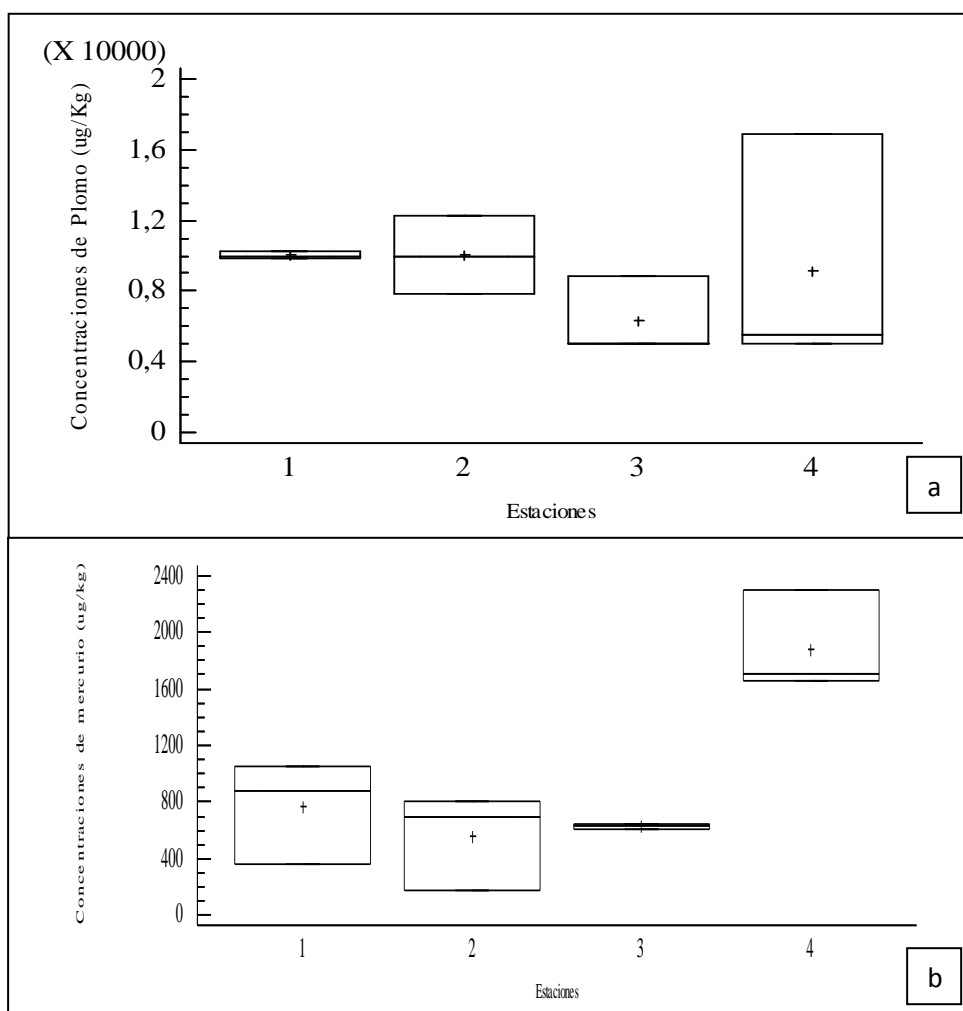


Figura 6. Gráfico de Cajas de las concentraciones de plomo (a) y mercurio (b) registradas en las estaciones de estudio durante diciembre de 2015. Se ha excluido el cadmio debido a que presenta valores constantes.

### Discusión

Los datos obtenidos en el análisis de sedimentos en cuatro estaciones del estero San Camilo evidencian la presencia de metales pesados, que debido a su concentración, podrían estar generando cambios y alteraciones en el ecosistema

## **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN**

acuático ya que son bioacumulables y se biomagnifican a lo largo de la cadena trófica (Orozco et al., 2003).

Una vez realizada la comparación de los resultados con las directrices establecidas por la Comisión Canadiense de Ministros del Ambiente (1997), se determinó que las concentraciones de mercurio en las 4 estaciones con sus 3 repeticiones son superiores a los límites ISQG establecidos, así como los límites PEL exceptuando la estación 1, repetición 1 y estación 2, repetición 3. En el caso del plomo y cadmio, las concentraciones son inferiores a las directrices de comparación.

Las estaciones 1 y 2 poseen una alta similitud entre sus concentraciones de plomo, las cuales pueden derivarse de su cercanía a la carretera conocida como “Vía Durán – Tambo” o a industrias de procesamiento de alimentos agrícolas. En la estación 3 predominan asentamientos humanos y no se observan grandes industrias, sin embargo puede existir la posibilidad de que a su alrededor existan pequeñas industrias artesanales desarrolladas por los moradores del sector, adicionalmente se presenció un taller mecánico y una granja avícola cuyas descargas se dirigen hacia el estero. La estación 4 presentó los mayores niveles de concentración de plomo y mercurio analizados en las estaciones. En este sector se encuentran industrias agrícolas dedicadas al procesamiento de alimentos, cultivos de tilapia y el Río Guayas, cuyas aguas ingresan al estero en la marea alta.

La concentración elevada de mercurio, posee influencia de diferentes fuentes por lo que se determina que existe una contaminación difusa. Su procedencia se puede derivar de los afluentes ubicados en la parte norte del estero,

## **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN**

junto a los cuales se desarrolla la agricultura, actividad en la cual el uso de fungicidas y plaguicidas son frecuentes, los mismos que suelen contener compuestos mixtos de metilmercurio cuya disposición final puede ser en el agua y finalmente el sedimento (He et al., 2001; Baird y Cann, 2012). A esto se adiciona la influencia de las industrias de la zona y la capacidad del mercurio inorgánico  $Hg^{2+}$  de unirse a partículas en suspensión presente en cuerpos hídricos naturales para finalmente depositarse y acumularse en el sedimento (Baird y Cann, 2012).

La presencia del plomo puede derivarse de las industrias del sector como de su capacidad de persistencia (Spiro y Stigliani, 2004). Su nivel de concentración inferior a las directrices de comparación puede ser influenciado por las prohibiciones aplicadas a su uso, ya sea en pinturas como en el combustible para vehículos (Housecroft y Sharpe, 2006). Tanto las concentraciones menores de plomo como la no detectabilidad del cadmio, pueden ser el resultado del uso mínimo o nulo del sector industrial estudiado.

En comparación con las concentraciones determinadas por Cárdenas (2010), los niveles de plomo de las estaciones en el Estero San Camilo, son inferiores a los niveles del Estero Salado en las áreas de Miraflores, Kennedy y Urdesa. Esto se determina debido a que el máximo nivel presente en el Estero San Camilo es de 16918  $\mu\text{g}/\text{kg}$  y el mínimo nivel del Estero Salado es de 19000  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , existiendo una diferencia de 2082  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de Pb. En cuanto al mercurio, la concentración mínima del Estero San Camilo es de 172  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , siendo 100  $\mu\text{g}/\text{kg}$  la concentración máxima del Estero Salado y con una diferencia de 72  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , por

## **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN**

lo tanto, todas las estaciones del Estero San Camilo poseen concentraciones de mercurio superiores a las del Estero Salado. Finalmente, los niveles de cadmio encontrados en el objeto de estudio son inferiores a 375  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , por lo tanto son menores a las concentraciones de 700  $\mu\text{g}/\text{kg}$  detectadas en el Estero Salado, con una diferencia aproximada de 325  $\mu\text{g}/\text{kg}$ .

Los niveles de concentración de plomo, cadmio y mercurio analizados por Jiménez (2012), varían en relación con los resultados obtenidos en esta investigación. El nivel detectado de plomo es superior a la concentración promedio presente en el Estero Salado, zona del Puente Portete, ya que en el Estero San Camilo la concentración mínima detectada es de 5486  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , mientras que en el Estero Salado la concentración promedio es de 51200  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . El elemento cadmio se encuentra en una concentración mayor de 4100  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en el Estero Salado, en comparación con las concentraciones menores a 375  $\mu\text{g}/\text{kg}$  halladas en el Estero San Camilo. En el caso del mercurio, la concentración promedio del Estero Salado es de 500  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , mientras que en la presente investigación se encuentran desde 172  $\mu\text{g}/\text{kg}$  a 2294  $\mu\text{g}/\text{kg}$ .

Limongi (2016) afirma que el objeto de estudio posee niveles de concentración elevados de nitrito, nitrato y amonio en el sedimento; y, Cárdenas (2013) indica que la estación ubicada en el Estero San Camilo presenta una calidad muy crítica en comparación con otras estaciones ubicadas en la Provincia del Guayas, por lo tanto la presente investigación concuerda en afirmar que existe una alteración en la calidad del objeto de estudio.

### **Conclusión y recomendaciones**



## **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN**

Se determinó que existe la presencia de los metales pesados plomo, cadmio y mercurio en los sedimentos del Estero San Camilo. Se detectó que los niveles de cadmio y plomo cumplen con los parámetros especificados en la norma *Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*; sin embargo todas las cocentraciones de mercurio se encontraban sobre estos límites.

Las estación donde existía una predominancia de industrias relacionadas al procesamiento de alimentos agrícolas, camarón, cultivos de tilapia y al Río Guayas (estación 4), los elementos plomo y mercurio presentaron una tendencia a incrementarse, lo cual difiere de las estaciones ubicadas junto a poblaciones humanas (estaciones 1 y 2). La concentración de mercurio es inferior en las estaciones cercanas a asentamientos humanos, en comparación con las estaciones ubicadas junto a industrias.

La calidad del Estero San Camilo se presenta afectada por diferentes fuentes, cuya contaminación se puede caracterizar como difusa y puede relacionarse con las descargas domésticas, industriales así como con la influencia de los cuerpos hídricos conexos al objeto de estudio, tanto de los canales ubicados al norte del estero, como del Río Guayas; estos componentes aportan paulatinamente al deterioro del ecosistema.

La normativa ambiental nacional no ha determinado parámetros que limiten las concentraciones de sustancias presenten en los sedimentos. Esta legislación debería contemplar directrices que regulen dicho medio, debido a su constante interacción con el agua, elementos bióticos y su capacidad de acumulación de sustancias, resultando así prioritario incluir en la legislación

## **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN**

ambiental ecuatoriana una norma ambiental de metales pesados para sedimentos de estuarios y ríos; así como la introducción de bioindicadores como macroinvertebrados, fitoplancton y zooplancton que permitan la valoración integral de la calidad ambiental de los estuarios.

El uso de suelo dispuesto para el desarrollo industrial de Durán, ha generado impactos ambientales en el estero, esto se evidencia por la presencia y concentraciones de metales pesados registrados en el Estero San Camilo, por lo que se recomienda a la autoridad ambiental de Durán haga una evaluación de las descargas de las aguas y de sedimentos para determinar las fuentes de emisión de la contaminación de metales pesados tanto en marea baja y marea alta.

### **Referencias Bibliográficas**

- Abdel-Baki, A. S., Dkhil, M. A., y Al-Quraishy, S. (2011). Bioaccumulation of some heavy metals in tilapia fish relevant to their concentration in water and sediment of Wadi Hanifah, Saudi Arabia. *African Journal of Biotechnology*, 10, 2541-2547. doi: 10.5897/AJB10.1772
- Acosta, E. (2015). Inauguran la Plaza Industrial de Durán, *Metro Ecuador*.
- Amin, B., Ismail, A., Arshad, A., Kong Yap, C., y Salleh Kamarudin, M. (2008). Anthropogenic impacts on heavy metal concentrations in the coastal sediments of Dumai, Indonesia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 291-305.
- Baird, C., y Cann, M. (2012). *Química Ambiental*. Nueva York: Reverté S.A.
- Beauchamp, G., Kusin, S., Elinder, C.-G., Curhan, G., Traub, S., y Sheridan, A. (2015). Mercury toxicity. UpToDate.
- Benites, F., Lozano, L., y Torres, M. (2013). *Recolección, manejo y transformación de la pollinaza en abono orgánico en el cantón Durán*. Ingeniería Comercial y Empresarial, Escuela Superior Politécnica del Litoral ESPOL, Guayaquil.
- Canadian Council of Ministers of the Environment. (1997). Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life

## **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN**

- Cárdenas, M. (2010). *Efecto de la contaminación hidrocarburífera sobre la estructura comunitaria de macroinvertebrados bentónicos presentes en el sedimento del Estero Salado*. Maestría en Ciencias con Énfasis en Manejo Sustentable de Recursos Bioacuáticos y Medio Ambiente, Universidad de Guayaquil;
- Cárdenas, M. (2013). Calidad de las aguas de los ríos de la provincia del Guayas mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos, documento preparado para el Gobierno Provincial del Guayas. Guayaquil.
- Cedeño, L. (2013). Estudio de Impacto Ambiental para la Construcción y Operación del Terminal Logístico Durán.
- Cobeña, M. (2015). Auditoría de Cumplimiento Construcción, Montaje y Operación de la Maquinaria papelera 1 MP-1 de la Compañía SURPAPEL CORP S.A.
- Comisión Asesora Ambiental de la Presidencia de la República. (1996). *Desarrollo y problemática ambiental del área del Golfo de Guayaquil*.
- Dirección General de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Durán. (2016, Mayo 02). Oficio No. GADMCD-DGGA-2016-030. *Línea Base Ambiental del Estero San Camilo*. Durán.
- Du Laing, G., Rinklebe, J., Vandecasteele, B., Meers, E., y Tack, F. (2009). Trace metal behaviour in estuarine and riverine floodplain soils and sediments: A review. *Science of Total Environment*, 3972-3985.
- ELITE CONSULTOR CÍA LTDA. (2013a). Ficha Ambiental y Plan de Manejo Ambiental "Planta procesadora de arroz de AGRONDUSTRAS DAJAHU S.A. en sus fases de operación, mantenimiento y abandono" (P. d. Guayas, Trans.). Durán.
- ELITE CONSULTOR CÍA LTDA. (2013b). Ficha Ambiental y Plan de Manejo Ambiental de Bodegas, Galpones y Silos de Almacenamiento para Productos Agrícolas de la Compañía AGROINDUSTRAS DAJAHU., en sus Fases de Operación, Mantenimiento y Abandono (P. d. Guayas, Trans.). Durán.
- Espanany, A., Fallah, S., y Tadayyon, A. (2015). The Effect of Halopriming and Salicylic Acid on the Germination of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) under Different Cadmium Concentrations. *Notulae Scientiae Biologicae*, 7(3), 322-329. doi: 10.15835/nsb.7.3.9563
- Esteves, J., y Pileggi, M. (2008). *Caracterización y propuesta técnica de la acuicultura en el cantón Eloy Alfaro (Durán), provincia del Guayas*. Acuicultor, Escuela de Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil.

## DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN

- Gobierno Autónomo Descentralizado de Durán. (2011). *Plan de Desarrollo Territorial del Cantón Eloy Alfaro Durán*. AME Ecuador.
- Godt, J., Scheidig, F., Grosse-Siestrup, C., Esche, V., Bramdemburg, P., Reich, A., y Groneberg, D. (2006). The toxicity of cadmium and resulting hazards for human health. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*. doi: 10.1186/1745-6673-1-22
- Goldman, R., Hu, H., Elmore, J., y Parl, L. (2015). Adult lead poisoning. UpToDate.
- He, P.-j., Shao, L.-m., Gu, G.-w., Bian, C.-l., y Xu, C. (2001). Clean-up and disposal process of polluted sediments from urban rivers. *Journal of Environmental Sciences*, 13(4), 435-438.
- Housecroft, C., y Sharpe, A. (2006). *Química Inorgánica*. Madrid: Pearson Educación S.A.
- Instituto Geográfico Militar (Cartographer). (2013). Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional.
- Jiménez, D. (2012). *Cuantificación de Metales Pesados (Cadmio, Cromo, Níquel y Plomo) en Agua Superficial, Sedimentos y Organismos (Crassostrea columbiensis) Ostión de Mangle en el Puente Portete del Estero Salado (Guayaquil)*. Universidad de Guayaquil.
- Legendre, P. (1998). *Numerical Ecological*. Canadá: Elsevier.
- Limongi, D., Cárdenas, M., y Erazo, J. (2016). *Análisis de la presencia de compuestos nitrogenados en los sedimentos del Estero San Camilo*. Facultad de Artes Liberales y Ciencias de la Educación. Universidad de Especialidades Espíritu Santo. Samborondón.
- Orozco, C., Pérez, A., González, M., Rodríguez, F., y Alfayate, J. (2003). *Contaminación ambiental. Una visión desde la Química*.
- Pin-jing, H., Li-ming, S., Guo-wei, G., Cheng-lin, B., y Chen, X. (2001). Clean-up and disposal process of polluted sediments from urban rivers. *Journal of Environmental Sciences*, 13(4), 435-438.
- Prefectura del Guayas. (2016). Permisos Ambientales Emitidos, de <http://www.guayas.gob.ec/index.php?Itemid=274>
- Productos y Servicios Industriales Cía. Ltda. (2015). Informe de Resultados No. RS-LABPSI-15 0149.
- Rainbow, P. (2006). Biomonitoring of trace metals in estuarine and marine environments. *Australian Journal of Ecotoxicology*, 12, 107-122.

## **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN**

Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria, Registro Oficial Edición Especial 316 C.F.R. (2015).

Sakan, S., Dordevic, D., Devic, G., Relic, D., Andelkovic, I., y Duricic, J. (2011). A study of trace element contamination in river sediments in Serbia using microwave-assisted aqua regia digestion and multivariate statistical analysis. *Microchemical Journal* , 492-502.

Sawyer, C., McCarty, P., y Parkin, G. (2009). *Química para Ingeniería Ambiental*.

Schramel, P., & Wendler, I. (2012). Antimony, Lead, Cadmium, Platinum, Mercury, Tellurium, Thallium, Bismuth, Tungsten, Tin [Biomonitoring Methods, 1999]. *The MAK Collection for Occupational Health and Safety*, 79-109.

Singh, S., y Goyal , D. (2007). Microbial and plant derived biomass for removal of heavy metals from wastewater. *Bioresource Technology*, 98, 2243-2257.

Skoog, D., West, D., Holler, J., y Crouch, S. (2015). *Fundamentos de química analítica* (Novena ed.): Cengage Learning Editores.

Spiro, T., y Stigliani, W. (2004). *Química medioambiental* (Segunda ed.). Madrid: Pearson Educación S.A.

Zuluaga, J., Gallego, S., y Ramírez, C. (2015). Content of Hg, Cd, Pb and As in fish species: A review. *VITAE, Revista de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias*, 22, 148-159.

### **Anexos**

- 1. Oficio emitido por la Dirección General de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Durán.**

# DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD Y HG) EN EL SEDIMENTO DEL ESTERO SAN CAMILO-DURÁN



GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL  
CANTÓN DURÁN DIRECCIÓN GENERAL DE GESTIÓN AMBIENTAL

Durán, 02 de mayo de 2016  
Oficio N° GADMCD-DGGA-2016-030

Srta.  
Paula Sánchez Padilla  
Estudiante de Ingeniería en Gestión Ambiental  
**Escuela de Ciencias Ambientales**  
**Universidad de Especialidades Espíritu Santo**

*Ref.: Línea Base Ambiental del Estero San Camilo*

De mi consideración:

En atención a su comunicación s/n, mediante el cual solicita información relacionada con la Línea Base Ambiental, análisis de laboratorio; y cualquier información disponible sobre el Estero San Camilo, ubicado dentro de la jurisdicción territorial del cantón Durán. Con la finalidad de que dicha información pueda ser empleada en trabajos de titulación sobre este cuerpo hídrico.

Al respecto, cumpro en comunicarle que actualmente la Dirección General de Gestión Ambiental no cuenta con dicha información solicitada.



Ing. Alfredo Florencio Pincay  
**Director General de Gestión Ambiental**

C.c. Econ. Santiago Salazar Mora, **Coordinador General de Servicios Públicos, Justicia y Ambiente**  
Archivo