

# Presencia de metales pesados Cadmio y Plomo en el estuario del río Chone - Manabí, Ecuador

Francisco Pozo-Miranda<sup>1\*</sup>

## Resumen

El presente estudio busca determinar la presencia de metales pesados, Cadmio y Plomo, en el estuario del Río Chone, Ecuador, durante Junio a Septiembre de 2014; se obtuvieron seis muestras de agua y cinco de suelo en seis sitios, con dos réplicas por sitios, dando el total de 66 muestras. El análisis se realizó según el protocolo del Kit para Cadmio y Plomo de Merck-Millipore. En el agua las concentraciones de Cadmio fueron mayores en el sitio P4 (0,129 mg/L). En el sedimento, el nivel de Cadmio en el sitio P2 presentó mayor acumulación (0,0033 mg/g), para Plomo, los sitios con mayor nivel fueron P5 y P6 (0,18 – 0,21 mg/L respectivamente), lugares con mayor flujo de agua del estuario del Río Chone (8 UPS: Unidades Prácticas de Salinidad) y menor influencia con las corrientes del agua del Mar (30 UPS). Los resultados comparados con la legislación Ecuatoriana evidencian concentraciones altas de Cadmio en el ecosistema del estuario en estudio, que podría afectar la salud de organismos que viven a nivel de la columna de agua, tales como peces, al igual que actividades de recreación de los bañistas locales, de los cantones Sucre y San Vicente Manabí.

**Palabras Clave:** Polución; Río Chone; Metales Pesados; Cadmio; Plomo.

## Presence of cadmium and lead heavy metals in the estuary of Chone River - Manabí, Ecuador

### Abstract

The present study aims to determine the presence of cadmium and lead heavy metals in the Chone River estuary; Ecuador, during June to September 2014, six water samples and five soil samples were obtained at six sites, with two replications per site giving a total of 66 samples. The analysis was performed according to the protocol of Merck-Millipore Kit for cadmium and lead. Cadmium concentrations in the water were higher at the P4 site (0.129 mg/L). The level of cadmium in the sediment showed greater accumulation (0.0033 mg/g) in the P2 site. The sites with higher level of lead were P5 and P6 (0.18 y 0.21 mg/L respectively), these were places with greater flow of water of the Chone River estuary (8 UPS: Practical Units of Salinity) and less influence of the sea water currents (30 UPS). The results compared with Ecuadorian legislation show high concentrations of cadmium in the ecosystem of Chone River estuary, which could affect the health of organisms living at the water column level, such as fish, as well as recreational activities for local bathers from Sucre and San Vicente cantons from Manabí province.

**Keywords:** Pollution; Chone River; Heavy Metals; cadmium, lead.

**Recibido:** 19 de octubre de 2016.

**Aceptado:** 31 de agosto de 2017

<sup>1</sup> Master en Auditoria y Gestión Ambiental. Doctorando en Bio ciencias. Docente Investigador Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Sede Bahía de Caráquez Manabí-Ecuador. km. 8 vía a Tosagua. fpozo@puce.edu.ec; francpozmi@hotmail.com

\*Autor para la correspondencia: fpozo@puce.edu.ec; francpozmi@hotmail.com

## I. INTRODUCCIÓN

Los metales pesados, por encima de los valores naturales son un grupo de contaminantes que en zona estuarinas y marinas en general perturban el equilibrio existente (Ponce-Velez & Botelo, 1992). La mayoría de los metales pesados en condiciones naturales se encuentra en concentraciones bajas (plomo 10 y 253 ug/l y cadmio 2 a 6.9 ug/l), aunque en lugares donde existe presencia de producción agrícola y acuícola se reporta una tendencia creciente en las concentraciones de metales pesados, debido a la reutilización de aguas de producción agrícola, estudios ambiental y ecológicos en la evaluación de diferentes suelos sometidos a riegos con agua y lodo residual se observa la influencia en la biodisponibilidad de níquel, cadmio y plomo en sobre los organismos en el sistema ecológico (Mancilla-Villa *et al.*, 2012).

La elevada concentración de metales pesados es un problema por su difícil degradación de forma natural o biológica, resultando peligroso por la toxicidad que ejercen sobre el suelo, agua y su combinación con compuestos orgánicos creando bio-acumulación y magnificación en la cadena trófica. El incremento de metales como cadmio (Cd) y plomo (Pb), genera un riesgo en la salud del ambiente generalmente por convergencia de aguas lluvias, desagües urbanos y descargas de aguas servidas. El problema radica en que los metales pesados no se degradan fácilmente de forma natural ya que no tienen funciones metabólicas específicas para los seres vivos (Mancilla-Villa *et al.*, 2012), resultando ser peligroso por la toxicidad que ejercen sobre el suelo, agua y su combinación con compuestos orgánicos.

El cadmio es considerado como un elemento tipo nutriente a niveles máximo de 0,05 mg/l, siendo involucrado con los ciclos biológicos internos derivados de la materia orgánica particulada, cuyas concentraciones (Cd) disminuyen en aguas superficiales por acción directa del fitoplancton y adsorción sobre partículas biogénicas mediante procesos redox, aunque su incremento genera un riesgo en la salud del ecosistema (Herrera Moreno & Betancourt Fernandez, 2002; Romero Bañuelos, 2003). Estudios en estuarios similares al área de estudios, bajo incidencia de asentamientos humanos, se observa niveles de 0,02 ug/l en el

periodos de sequía y 0,028 ug/l en el periodos de lluvia, durante el mes de agosto (Marquez, Senior, & Martinez, 2000) los cuales no afectan al ecosistema.

En cuanto a la presencia de plomo, este metal se encuentra en forma natural en todas las rocas y en los suelos, en una proporción que normalmente varía entre 2 y 200 ppm. Algunos suelos presentan una concentración de plomo relativamente elevada debido a que las rocas subyacentes son ricas en dicho metal. El contenido de plomo en el agua es en general bajo, varía entre 20 µg/g y 22 µg/g (Martinez & Senior, 2001). En la Laguna de Castellero, ubicado al sureste de la población de Caicara del Orinoc, han sido reportados niveles entre 16 µg/l y 27 µg/l, observándose que las concentraciones máximas se alcanzan entre los meses de octubre y diciembre, Mientras que para áreas contaminadas existe muchas discrepancias sobre los niveles indicadores de polución, donde valores de 4-12 µg/g y 5 µg/g han sido señalados para sedimentos contaminados (Martinez & Senior, 2001).

El presente estudio tiene el objetivo de determinar la presencia de metales pesados (cadmio y plomo) en el agua y sedimento en el estuario del Río Chone, en vista de la importancia como sitio recreativo y de extracción de recurso alimenticios (peces moluscos y crustáceos) para la comunidad de San Vicente y Sucre Manabí, Ecuador.

## II. DESARROLLO

### 1. Materiales y métodos

Durante los meses de junio a septiembre de 2014 se realizaron muestreos, obteniendo seis muestras de agua y cinco de suelo en seis sitios P1...5 y 6, con dos replicas por sitios, total de 66 muestras en el estuario del Río Chone, Manabí, Ecuador como se muestra en la tabla 1 y figura 1. Las horas de monitoreo se establecieron acorde a la tabla de marea del Instituto Oceanográfico de la Armada INOCAR 2014, se consideró trabajar en momentos cuando la marea estaba bajando para poder determinar la distribución acorde al flujo de descarga (38 m<sup>3</sup>/segundo) del estuario del Río Chone Manabí Ecuador.

Tabla N°1. Coordenadas de los sitios de monitoreos en el estuario del Río Chone.

Table No. 1. Coordinates of monitoring sites in the estuary of Río Chone.

Localidad	Latitud (°S)	Longitud (°W)
Punto 1 (P1)	0°36'10.49"S	80°24'57.47"O
Punto 2 (P2)	0°37'3.54"S	80°24'59.40"O
Punto 3 (P3)	0°38'28.38"S	80°24'12.62"O
Punto 4 (P4)	0°39'19.87"S	80°22'4.35"O
Punto 5 (P5)	0°38'25.45"S	80°21'26.61"O
Punto 6 (P6)	0°38'30.14"S	80°20'25.52"O



Fig. 1. Puntos de Monitoreo de cadmio y plomo en el estuario del Río Chone.  
Fig. 1. Monitoring Points of cadmium and lead in the Chone River estuary.

### Parámetros

Los parámetros ambientales fueron: Temperatura y pH se tomó mediante el uso del YSI (pH meter 507) introduciendo el electrodo del equipo a 50 cm de profundidad del agua en el estuario durante 5 min, mientras que la salinidad fue medida mediante el uso del refractómetro (Boeco) a partir de una muestra de un litro de agua obtenida a una profundidad de 50 cm en el estuario.

### Muestras de Agua

Se tomaron muestras de agua (500 ml) a unos 50 cm de profundidad en cada localidad de muestreo y se colocó en recipientes plásticos estériles lavados previamente con ácido nítrico (65%).

Se clarificaron las muestras con filtros Millipore (0,45  $\mu$ m), eliminando la turbidez para realizar el análisis según el protocolo del Kit para cadmio (Cd. 101745001) y plomo (Cd. 1097170001) de Merck-Millipore.

### Muestras de sedimento

Las muestras de sedimento se tomaron usando una draga metálica de 20x40 cm, se recolectó 500 gr de sedimento que corresponden al centro de la draga, evitando contacto directo del sedimento con las paredes de la draga, posteriormente se colocó en recipientes plásticos estériles, lavados previamente con ácido nítrico (65%). A continuación el sedimento (10 gramos) fue secado

a 600 durante 24 horas, posteriormente fue molido y tamizado a 0,5 mm. Cuando las muestras contenían concentraciones elevadas de metal pesado (>2mg/L), se procedió a realizar diluciones 1/10 para poder leer en un fotómetro (Spectroquant nova 60).

#### **Análisis de metales pesados**

Se realizó el análisis según el protocolo del Kit para cadmio (Código 101745001) y plomo (Código 1097170001) de Merck-Millipore.

#### **Preparación de la muestra**

Una vez tomada la muestra se fijó en ácido nítrico al 65% (1 ml de ácido nítrico para 1 L de solución de la muestra) hasta su análisis en La Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí. El cadmio plomo no disuelto o unido en forma de complejo se determinó después de la preparación de la muestra con uno de los Crack Sets Spectroquant (Kit de análisis). Las muestras turbias se filtraron con papel Wallmant.

#### **Procedimiento Cadmio (Cd)**

Se prepararon las muestras a una temperatura de 20 °C, se tomó 5 ml de la muestra y se colocó en la cubeta de reacción, se procedió a adicionar 0,200 ml de Cd-1K y se agitó, luego se añadió una microcucharada de reactivo Cd-2k y se agitó fuerte la cubeta hasta que el reactivo se disolvió completamente. Se dejó en reposo por 2 minutos (tiempo de reacción) y posteriormente se midió en un fotómetro Spectroquant nova 60 (método 14834).

#### **Aseguramiento analítico de la calidad Cd**

Para comprobar la calidad de lectura del fotómetro (abs 0,010), se evaluó mediante la lectura de una solución patrón con 0,500 mg/L de Cd. obteniendo Desviación estándar (mg/L Cd)  $\pm$  0,0070, Coeficiente de variación  $\pm$  1,3 e Intervalo de confianza  $\pm$  0,016.

#### **Procedimiento Plomo (Pb)**

Se preparó la muestra a temperatura de 20 °C, se tomó 5 ml de la muestra y se colocó en la cubeta de reacción, se procedió a adicionar 5 gotas de Pb-1K y se homogenizó. A continuación se realizó la

lectura en fotómetro - método 14833, el resultado fue considerado como Lectura A.

Se tomó la reacción anteriormente descrita, y se adicionó una microcucharada de reactivo Pb-2k y se agitó la cubeta, hasta que el reactivo se disolvió completamente. Se procedió a realizar la lectura en fotómetro - método 14833, el resultado fue considerado como Lectura B.

La concentración de plomo (Pb) se definió como:

$$\text{mg/L} = \text{lectura A} - \text{lectura B}$$

#### **Aseguramiento analítico de la calidad Pb**

Para comprobar la calidad de lectura del fotómetro (abs 0,010), se evaluó mediante la lectura de una solución patrón con 2,00 mg/L de Pb. Obteniendo Desviación estándar (mg/L Pb)  $\pm$  0,016, Coeficiente de variación  $\pm$  0,62 e Intervalo de confianza  $\pm$  0,04.

#### **Análisis estadístico**

Los datos de concentraciones de metal pesado (cadmio y plomo) fueron evaluados mediante pruebas de normalidad y homoestabilidad, en el caso de falta de normalidad los datos se transformaron a logaritmo natural (Ln) para posteriormente aplicar análisis de Varianza ANDEVA ( $p < 0.05$ ) y la prueba de Contraste de LSD Fisher ( $p < 0.05$ ) para determinar diferencias significativas entre concentraciones observadas. Se usó el software libre INFOSTAT.

## **2. Resultados**

Para determinar la presencia de metales cadmio y plomo en el estuario del Río Chone, cuantificamos las concentraciones de cada sitio, tanto en agua como en suelo, a fin de establecer la salud del ecosistema estuarino.

#### **Parámetros**

En el área de estudio la temperatura promedio del ambiente (aire) fue de 30,2°C. y del agua de 28,4°C. La salinidad en el estuario presenta gradientes de salinidad de 30 UPS: Unidades Practicas de Salinidad (exterior del estuario) a 8 UPS (interior del estuario) esto debido a permanente descargas de agua dulce proveniente de la presa La Esperanza hacia el río Carrizal y a su vez hacia el Río Chone y esteros salobres, evidenciado la disminución de

salinidad al interior del estuario (García Bazurto, Mera Paz, & Vega Zambrano, 2010).

### Metales pesados en Agua

Se determinó la concentración de metales pesados cadmio y plomo, para definir su distribución dentro del estuario del Río Chone.

### Cadmio

Se evaluó la concentración de cadmio promedio de cada punto de monitoreo durante el periodo de muestreo, mediante análisis de varianza ( $p < 0,05$ ) y test de LSD Fisher, existiendo diferencias significativas en los niveles de cadmio presente entre los puntos P1, P2, P4 y P6, mientras que entre

P2 y P5 no se encontraron diferencias estadísticas. Los valores más altos registrados durante el estudio se observaron en P4, principalmente en el mes de agosto. Se puede observar una leve interacción de las concentraciones entre P1 y P3 aunque los niveles se muestran bajos y relativamente homogéneos (fig. 2). Los niveles de cadmio relativamente más bajos se pueden notar en los sitios de monitoreo cercanos a la desembocadura del estuario, aunque no se observó una distribución geográfica definida (acumulación de cadmio en un solo sitio de monitoreo) entre los niveles a lo largo de los sitios de monitoreo. El sitio con mayor nivel de cadmio fue el P4 (129 mg/L), éste es un sitio con un flujo de agua lento y de gran sedimentación.

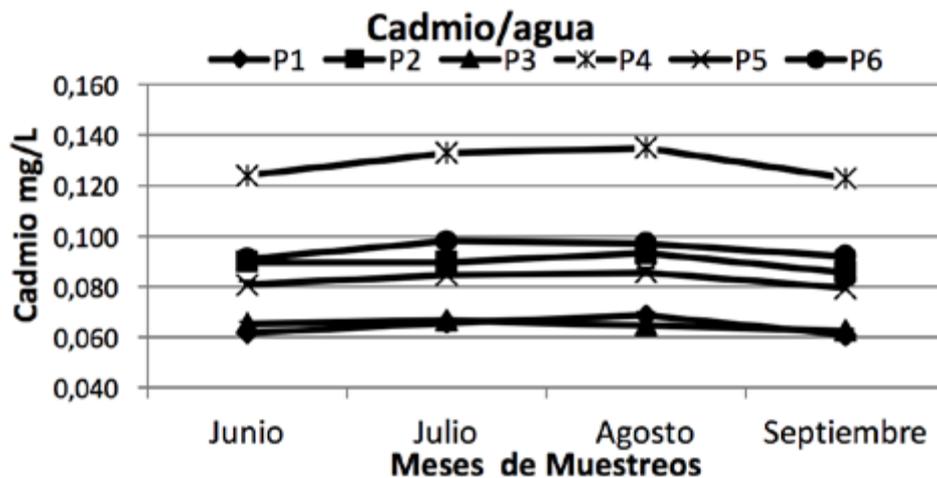


Fig. 2. Análisis de concentración de Cadmio en agua.

### Plomo

Al evaluar las concentraciones promedio de Plomo, se muestran diferentes significativas estadísticamente (ANDEVA  $p < 0,05$ ; LSD Fisher  $p < 0,05$ ) en los niveles de plomo presente entre los puntos cuatro (P4), P5 y P6, mientras que entre P1, P2 y P3 los niveles fueron bajos y homogéneos (sin diferencias significativas), los valores más altos registrados se observaron en el mes de julio en P5 y P6 (0,18 – 0,21 mg/L respectivamente), ambos puntos mostraron la misma tendencia (niveles de plomo) a través del tiempo (fig.3), siendo lugares con mayor flujo de agua del estuario del Río Chone y menor influencia con las corrientes del agua del Mar.

### Metales pesados en Suelo.

#### Cadmio

Los niveles promedio de cadmio evaluados mediante análisis test de LSD Fisher, muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre todos los puntos. Los valores más bajos fueron P1 (0,84 ug/g suelo) y P3 (1,15 ug/g suelo), mientras que el P2 presentó la mayor acumulación de cadmio en el sedimento (promedio 3,35 ug/g suelo) en principalmente en el mes de agosto. Los puntos P5 y P4 muestran una marcada interacción en el transcurso del tiempo (meses) fig. 4. Al igual que en el análisis del cadmio en agua, en el suelo los niveles de cadmio no muestran un patrón geográfico definida.

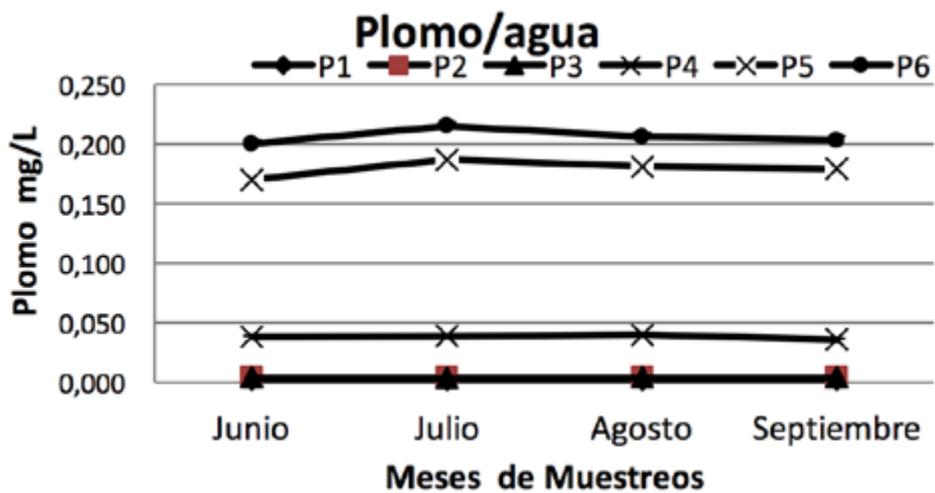


Fig. 3. Análisis de concentración de Plomo en agua.

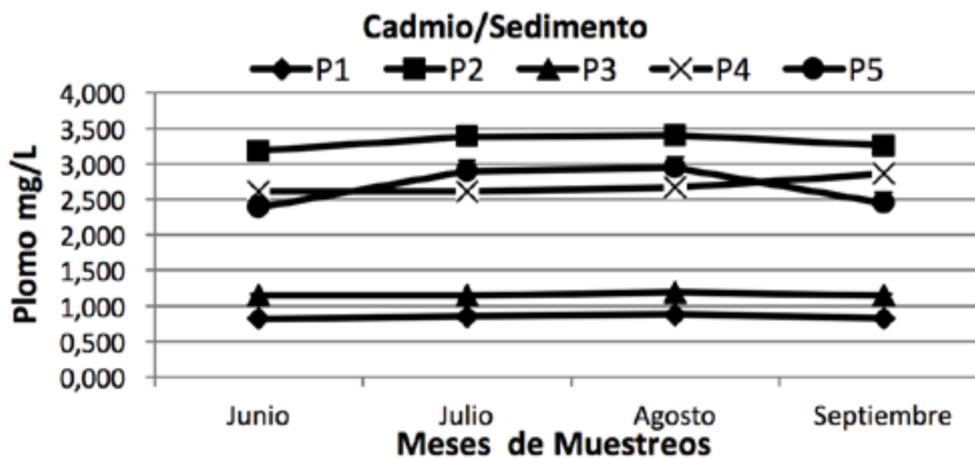


Fig. 4. Análisis de concentración de Cadmio en suelo.

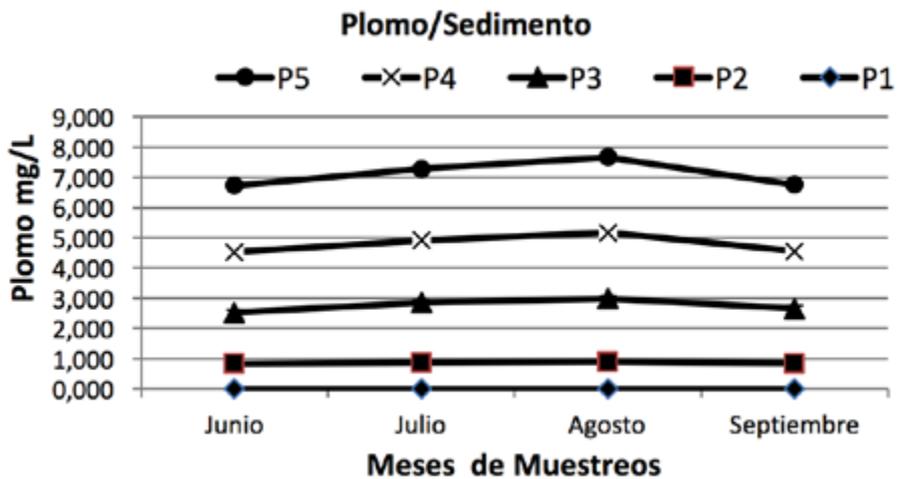


Fig. 5. Análisis de concentración de Plomo en sedimento.

### 3. DISCUSIÓN

Autores indican que el contenido de Cd en el agua y material en suspensión es dependiente de la salinidad. La concentración de metales depende de la fuente de origen y la presencia en solución o formando precipitados o agregados dependerá del ambiente geoquímico y de aspectos hidrogeoquímicos. Las mayores concentraciones se presentan aguas arriba y zonas de mezcla de agua (Río y Mar) durante el periodo de lluvia y los mínimos en el extremo marino (Marquez *et al.*, 2000; Romero Bañuelos, 2003). El presente estudio se realizó en época seca y mostró niveles muy dispersos, contrario a lo indicado por Márquez *et al.* (2008) quienes indican que la sala distribución de los metales pesados es independientes al gradiente de salinidad (UPS), esto podría deberse al poco aporte de agua dulce (o UPS) el cual es flujo de agua propia del Río Chone (Martinez & Senior, 2001) (Márquez, Senior, Martínez, Castañeda, & González, 2008).

Autores como Ponce-Velez & Botelo (1992), en el análisis de metales pesados en sedimentos de estuarios con características hidrológicas, ambiente geoquímico y uso del territorio similares, describe valores para cadmio de 1400 ug/L (Ponce-Velez & Botelo, 1992), mientras que el autor Villanueva (1987) presenta concentraciones de 1600 ug/L cadmio, valores altos comparados con los obtenidos en el presente estudio de 3,35 ug/g cadmio (Villanueva, Botello, & Paez, 1988).

Márquez ha reportado niveles de plomo entre 16 ug/L y 27 ug/L. aunque en ecosistemas venezolanos indica la existencia de niveles que alcanzan 29 ug/L. pero es claro en definir que estas concentraciones disueltas y en suspensión en estuarios no son indicativos de la existencia de contaminación metálica en las aguas y más aún definir algún sitio de origen de la contaminación (Márquez *et al.*, 2008).

Hay muchas discrepancias en cuanto a los niveles considerados como contaminantes para el plomo, aunque valores de 4-12 ug/g han sido señalados para sedimentos no contaminados (Martinez & Senior, 2001). Mientras que las correspondiente a zonas contaminadas, incluyen valores que pueden alcanzar 2700 ug/g como ocurre en el estuario de Gannel al sudeste de

Inglaterra y en los ríos Tinto y Odiel (1000 ug/g y 2000 ug/g) estos valores han sido asociados a la actividades mineras, desagües urbanos y descargas de aguas servidas. Mientras que en áreas expuestas a aguas residuales (antropogénicas) los niveles de plomo son 30 y 70 ug/g (Martinez & Senior, 2001), en nuestros resultados la concentración máxima de Plomo fue de 2,35 ug/g.

Los procesos biogeoquímicos en los sedimentos pueden movilizar los metales pesados, pasando a estar biodisponible (Luque *et al.*, 2010). Esta biodisponibilidad puede cambiar cuando se modifican las condiciones ambientales, típicas de sistemas mareales sometidas a encharcamientos periódicos (Luque *et al.*, 2010), por lo que, al estudiar polución en estuarios, tantos prístinos como contaminados bajo la existencia de una influencia antropogénica, es necesario determinar su estado de contaminación mediante el cálculo de los factores de enriquecimiento (EF) definido (Bryan & Langston, 1992; Hornberger, Luoma, Geen, Fuller, & Anima, 1999) mediante el cociente CV/BV, donde CV representa la concentración medida en el estuario y BV el valor natural del área (Luque *et al.*, 2010). Al comparar los resultados obtenidos con la norma ecuatoriana (TULSMA) para la calidad de agua (Cd: 0,005ug/L – Pb: 1.00 ug/L) y suelo (Cd: 0,5 mg/Kg – Pb: 25.0 mg/Kg) evidencian que el cadmio en el agua sobrepasa los niveles permisibles mas no en sedimento, mientras que los niveles de plomo se encuentran por debajo de lo establecido por la Norma para agua y sedimentos.

### III. CONCLUSIÓN

La presencia de metales pesados en el estuario del Río Chone, Manabí-Ecuador de cadmio en el agua sobrepasa los niveles permisibles en el agua más no en sedimento, mientras que los niveles de plomo se encuentran por debajo de lo establecido por la Norma Ecuatoriana para agua y sedimentos, lo cual indica el cadmio está produciendo contaminación en el agua del estuario, generando riesgo ecológico principalmente en la salud de los organismos que viven a nivel de la columna de agua, al igual que podría afectar a la población humana que realiza actividades recreativas como bañistas-turistas en el estuario Río Chone.

#### IV. REFERENCIAS

- Bryan, G. W., & Langston, W. J. (1992). Bioavailability, accumulation and effects of heavy metals in sediments with special reference to United Kingdom estuaries: a review. *Environmental Pollution*, 76, 89–131.
- García Bazurto, M., Mera Paz, A., & Vega Zambrano, L. (2010). Construcción de una Estación Fija de Monitoreo Ambiental en las instalaciones de la Carrera de Acuicultura, Universidad Técnica de Manabí, Extensión Bahía de Caráquez. *UTM*, 69.
- Herrera Moreno, A., & Betancourt Fernandez, L. (2002). Toxicidad del cadmio sobre los crustáceos; bioensayos, efectos y propuesta de estándares. *Indotecnica*, 2–12.
- Hornberger, M. I., Luoma, S. N., Geen, A. Van, Fuller, C., & Anima, R. (1999). Historical trends of metals in the sediments of San Francisco Bay, California. *Marine Chemistry*, 64, 39–55.
- Luque, C. J., Castellanos, E. M., Castillo, J. M., González, M., González Vilches, M. C., & Figueroa, M. E. (2010). Distribución de metales pesados en sedimentos de las marismas del Odiel (Huelva, SO. España). *Cuaternalario Y Geomorfología*, 12(3–4), 77–85.
- Mancilla-Villa, O., Ortega-Escobar, H., Ramírez-Ayala, C., Uscanga-Mortera, E., Ramos-Bello, R., & Amanda, R.-O. (2012). Metales pesados totales y arsénico en el agua para riego de Puebla y Veracruz, México. *Contam. Ambie*, 28(March 2010), 39–48.
- Marquez, A., Senior, W., & Martinez, G. (2000). Concentraciones y Comportamiento De Metales. *Interciencia*, 25(6), 284–291. <https://doi.org/10.5281/zenodo.160409>
- Márquez, A., Senior, W., Martínez, G., Castañeda, J., & González, Á. (2008). Concentraciones de metales en sedimentos y tejidos musculares de algunos peces de la Laguna de Castillero, Venezuela. *Maracaibo* v.18 n.2 *Maracaibo*, 12.
- Martinez, G., & Senior, W. (2001). Especiación de metales pesados (Cd, Zn, Cu y Cr) en el material en suspensión de la pluma. *Interciencia*, 26(2), 53–61.
- Ponce-Velez, G., & Botelo, A. (1992). Aspectos geoquímicos y de contaminación por metales pesados en la Laguna de Términos, Campeche. *Hidrobiológica*, 1(2), 1–10.
- Romero Bañuelos, C. (2003). *Hidrología y metales pesados en la materia particulada suspendida del agua superficial de la porción sur de la bahía de la Paz, B.C.S, Mexico*. Instituto Politecnico Nacional.
- Villanueva, S., Botello, A., & Paez, F. (1988). Evaluación de algunos metales pesados en organismos del Río Coatzacoalcos y de la Laguna del Ostión, Veracruz, México. *Revista Internacional de Contaminación*, 4(1), 19–31.