



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES**  
**ESCUELA DE BIOLOGÍA**

**Tesis de Grado para la obtención del Título de  
Biólogo**

**“CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (Cr  
TOTAL, Pb, Cd) EN AGUA SUPERFICIAL Y  
SEDIMENTOS EN EL ESTERO SALADO  
(GUAYAQUIL)”.**

**ALCIVAR TENORIO MARIANA  
MOSQUERA ARMIJO JESSICA**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**2011**

**© DERECHO DE AUTOR**

**ALCIVAR TENORIO MARIANA**

**MOSQUERA ARMIJO JESSICA**

**2011**

**DIRECTOR DE TESIS**

---

**MSc. RUBÉN CASTRO RENDÓN**

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES**  
**ESCUELA DE BIOLOGÍA**

**HOJA DE APROBACION DE TESIS**

**“CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (Cr TOTAL, Pb, Cd) EN AGUA SUPERFICIAL Y SEDIMENTOS EN EL ESTERO SALADO (GUAYAQUIL)”.**

ALCIVAR TENORIO MARIANA  
MOSQUERA ARMIJO JESSICA

**Blga. MIRELLA CADENA INFANTE**

**Presidente del tribunal**

---

**Q. F. VICTOR ARCOS COBOS**

**Miembro del tribunal**

---

**Q. F. GALO VÉLEZ SUÁREZ, MSc.**

**Miembro del tribunal**

---

**Abg. JORGE SOLORZANO CABEZAS**

**Secretario de la Facultad**

---

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>vii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>ix</b>
<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	<b>x</b>
<b>INDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xiv</b>
<b>SUMARY .....</b>	<b>xv</b>
<b>1. INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Metales en el medio ambiente .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.1 Cromo .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.2 Plomo.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1.3 Cadmio.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2 Metales en el medio acuático.....</b>	<b>5</b>
<b>1.3 Metales en organismos acuáticos.....</b>	<b>6</b>
<b>1.4 Caracterización de los Moluscos (<i>Cerithidea valida</i>) .....</b>	<b>7</b>
<b>1.5 HIPÓTESIS.....</b>	<b>8</b>
<b>1.6 OBJETIVOS.....</b>	<b>9</b>
<b>1.6.1 Objetivo General.....</b>	<b>9</b>
<b>1.6.2 Objetivos específicos .....</b>	<b>9</b>
<b>1.6.3 Actividades .....</b>	<b>9</b>
<b>2. ANTECEDENTES.....</b>	<b>9</b>
<b>3. AREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Generalidades del Estero Salado de Guayaquil.....</b>	<b>11</b>
<b>3.2 Descripción de los puntos de muestreos.....</b>	<b>13</b>

<b>4. MATERIALES Y METODOS</b> .....	<b>19</b>
<b>4.1 Toma de muestra</b> .....	<b>19</b>
<b>4.2 Análisis en laboratorio</b> .....	<b>20</b>
<b>4.2.1 Análisis de agua</b> .....	<b>21</b>
<b>4.2.2 Análisis de los sedimentos</b> .....	<b>21</b>
<b>4.2.3 Análisis de organismos</b> .....	<b>23</b>
<b>4.2.4 Análisis Químicos</b> .....	<b>23</b>
<b>4.3 Preparación de estándares y curvas de calibración</b> .....	<b>23</b>
<b>4.4 Lectura de la muestra</b> .....	<b>24</b>
<b>4.5 Tratamiento de datos</b> .....	<b>24</b>
<b>4.6 Análisis estadístico de los resultados</b> .....	<b>25</b>
<b>5. RESULTADOS</b> .....	<b>25</b>
<b>5.1 Agua</b> .....	<b>25</b>
<b>5.2 Sedimento</b> .....	<b>29</b>
<b>5.3 Organismos</b> .....	<b>32</b>
<b>5.4 Parámetros físico – químico</b> .....	<b>33</b>
<b>5.4.1 Potencial de Hidrogeno (pH)</b> .....	<b>33</b>
<b>5.4.2 Temperatura</b> .....	<b>35</b>
<b>5.4.3 Salinidad</b> .....	<b>36</b>
<b>6. DISCUSIÓN</b> .....	<b>37</b>
<b>7. CONCLUSION</b> .....	<b>40</b>
<b>8. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>41</b>
<b>10. GLOSARIO</b> .....	<b>47</b>
<b>11. ANEXOS</b> .....	<b>48</b>

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo a Marie Tenorio Lajones mi mami “Pollita” por ser como es y nunca darse por vencida a pesar de todos los obstáculos habidos, por hacer de mi una mejor persona a través de su amor, consejos, apoyo y confianza.

### ***A mi padre***

El Sr. Julio Alcivar quien a pesar de todo siempre me apoyo de una u otra manera en las decisiones que tomaba, además por brindarme los recursos necesarios para la elaboración de esta tesis.

### ***A mi ñaña***

Jully gracias por estar conmigo y apoyarme siempre.

### ***A mis abuelitas***

Marianita Escobar por ser parte fundamental en mi vida, la abuelita más bonita del mudo la que nunca se olvida de ninguno de sus nietos.

Adriana Lajones, aunque no esté con nosotros se que siempre me guía y me protege a lo largo de mi vida.

Mariana Alcivar Tenorio

## **DEDICATORIA**

Dedicó el presente trabajo a mis padres el Ing. Sergio Mosquera Coronel y la Sra. Jackeline Armijo Mora quienes con esfuerzo, amor y dedicación supieron hacer de mí una persona de bien, guiándome y aconsejándome para que cumpliera con mis metas en la vida. Su incondicional apoyo fue mi mayor inspiración para continuar con mis estudios sin importar los obstáculos que se presentaran en el camino.

A mis hermanas Jessenia, Maryuri, Erica, Jadira, Rosselyn y a mi hermanito Sergito que sin su cariño, apoyo y comprensión no hubiese sido posible la realización de este trabajo.

A mi amiga incondicional Marianita por tantos momentos compartidos y anécdotas que no se borrarán de mi mente jamás.

Jessica Mosquera Armijo

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por guiarnos a lo largo de este difícil camino, darnos la fuerza necesaria en momentos de adversidad e iluminar nuestros pensamientos.

A nuestros padres y hermanos por apoyarnos siempre en las decisiones que tomamos, por su amor, comprensión y paciencia.

En el Instituto de Investigación de Recursos Naturales (IIRN) de la Facultad de Ciencias Naturales a la Dra. Vilma Salazar directora del I.I.R.N por permitirnos realizar nuestro trabajo de tesis en las instalaciones del laboratorio de Espectrofotometría, al Químico Víctor H. Arcos y Blga. Mariuxi Mero por enseñarnos sus conocimientos sobre el procesamiento y análisis de las muestras, a la Blga. María Fernanda Arroyo por el aporte a la identificación de los organismos.

Agradecemos, al Blgo. Guillermo Baños y a la Blga. Maritza Cárdenas por sus acertadas y oportunas recomendaciones.

De manera particular agradecemos, al MSc. Rubén Castro, por ser nuestro tutor y aportarnos numerosas y valiosas sugerencias, además de su generosa paciencia.

Finalmente, a nuestros amigos Leonardo García, Jaime Santos, Miguel Medina, MSc. Xavier Álvarez y a todas aquellas personas quienes de una u otra manera contribuyeron con la realización de esta tesis.

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1. Localización geográfica de las estaciones muestreadas en el Estero Salado durante Agosto, Septiembre y Octubre de 2010. ....</b>	<b>14</b>
<b>Tabla 2. Estándares y curvas de calibración.....</b>	<b>24</b>
<b>Tabla 3. Concentración de Cadmio en muestra de agua en el estero salado durante los meses Agosto, Septiembre y Octubre del 2010. ....</b>	<b>25</b>
<b>Tabla 4. Concentración de Cromo en muestra de agua en el estero salado durante los meses Agosto, Septiembre y Octubre del 2010. ....</b>	<b>27</b>
<b>Tabla 5. Concentración de Plomo en muestra de agua en el estero salado durante los meses Agosto, Septiembre y Octubre del 2010. ....</b>	<b>28</b>
<b>Tabla 6. Concentración de Cadmio en muestra de sedimento en el estero salado durante los meses Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.....</b>	<b>29</b>
<b>Tabla 7. Concentración de Cromo en muestra de sedimento en el estero salado durante los meses Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.....</b>	<b>30</b>
<b>Tabla 8. Concentración de Plomo en muestra de sedimento en el estero salado durante los meses Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.....</b>	<b>31</b>
<b>Tabla 9. Concentración de Cadmio, Cromo, Plomo en muestra de organismo (<i>Cerithidea valida</i>) en el estero salado durante el mes de Octubre del 2010.....</b>	<b>33</b>
<b>Tabla 10. Valores del pH del agua en los meses de Agosto, Septiembre y Octubre del 2010. ....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 11. Valores de la Temperatura del agua en los meses de Agosto, Septiembre y Octubre del 2010. ....</b>	<b>35</b>
<b>Tabla 12. Valores de la Salinidad durante los meses de Agosto, Septiembre y Octubre del 2010. ....</b>	<b>36</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura1. Ubicación de las estaciones de muestreo durante Agosto, Septiembre, Octubre del 2010 .....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 2. Ubicación de la estación Fertisa .....</b>	<b>15</b>
<b>Fig. 3.- Fábrica de Fertilizantes Fertisa .....</b>	<b>48</b>
<b>Fig. 4.- Asentamientos poblacionales .....</b>	<b>48</b>
<b>Fig. 5.- Desechos urbanos .....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 6. Ubicación del la estación 2º Puente Perimetral .....</b>	<b>16</b>
<b>Fig. 7.- Material de construcción .....</b>	<b>48</b>
<b>Fig. 8.- Embarcaciones fluviales .....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 9. Ubicación de la estación Puente Portete.....</b>	<b>17</b>
<b>Fig. 10.- Presencia de manglar .....</b>	<b>48</b>
<b>Fig. 11 y 12.- Mantenimiento de embarcaciones fluviales.....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 13. Ubicación de la estación Miraflores.....</b>	<b>18</b>
<b>Fig. 14 y 15.- Residencias y descargas al Estero.....</b>	<b>49</b>
<b>Fig. 16.- Presencia de manglar descargas al Estero .....</b>	<b>49</b>
<b>Fig. 17. Ubicación de la estación Puente Ecológico.....</b>	<b>19</b>
<b>Fig. 18.- Descarga de aguas residuales.....</b>	<b>49</b>
<b>Fig. 19.- Área de manglar .....</b>	<b>49</b>
<b>Fig. 20.- Toma de muestra de agua descargas al Estero .....</b>	<b>49</b>
<b>Fig. 21.- Toma de muestra de sedimento .....</b>	<b>49</b>
<b>Fig. 22.- Toma de muestra de organismos .....</b>	<b>49</b>
<b>Fig. 23.- Colección total de muestras.....</b>	<b>49</b>
<b>Fig. 24.- Toma de temperatura .....</b>	<b>49</b>
<b>Fig. 25.- Coordenadas geográficas.....</b>	<b>49</b>

<b>Fig. 26.- Acidificación de las muestras .....</b>	<b>49</b>
<b>Fig. 27.- Filtración.....</b>	<b>49</b>
<b>Fig. 28.- Colocación de soluciones .....</b>	<b>49</b>
<b>Fig. 29.- Muestras preparadas .....</b>	<b>49</b>
<b>Fig. 30.- Secado al ambiente.....</b>	<b>49</b>
<b>Fig. 31.- Molienda .....</b>	<b>49</b>
<b>Fig. 32.- Tamizado .....</b>	<b>49</b>
<b>Fig. 33.- Muestras en capsula de porcelana.....</b>	<b>49</b>
<b>Fig. 34.- Secado en la estufa .....</b>	<b>49</b>
<b>Fig. 35.- Verificación de peso .....</b>	<b>49</b>
<b>Fig. 36.- Pesado.....</b>	<b>49</b>
<b>Fig. 37.- Colocación de NO<sub>3</sub>H .....</b>	<b>49</b>
<b>Fig. 38.- Baño de María .....</b>	<b>49</b>
<b>Fig. 39.- Filtrado.....</b>	<b>49</b>
<b>Fig. 40.- Muestras preparadas .....</b>	<b>49</b>
<b>Fig. 41.- Triturado .....</b>	<b>49</b>
<b>Fig. 42.- Digestión.....</b>	<b>49</b>
<b>Fig. 43.- Muestras preparadas .....</b>	<b>49</b>
<b>Fig. 44.- Lectura de Agua, Sedimento y Organismos en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica .....</b>	<b>49</b>
<b>Fig. 45. Concentración de Cadmio en muestra de agua en el estero salado durante los meses Agosto, Septiembre y Octubre del 2010. ....</b>	<b>26</b>
<b>Fig. 46. Concentración de Cromo en muestra de agua en el estero salado durante los meses Agosto, Septiembre y Octubre del 2010. ....</b>	<b>27</b>
<b>Fig. 47. Concentración de Plomo en muestra de agua en el estero salado durante los meses Agosto, Septiembre y Octubre del 2010. ....</b>	<b>28</b>

<b>Fig. 48. Concentración de Cadmio en muestra de sedimento en el estero salado durante los meses Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.....</b>	<b>30</b>
<b>Fig. 49. Concentración de Cromo en muestra de sedimento en el estero salado durante los meses Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.....</b>	<b>31</b>
<b>Fig. 50. Concentración de Plomo en muestra de sedimento en el estero salado durante los meses Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.....</b>	<b>32</b>
<b>Fig. 51. Concentración de Cadmio, Cromo, Plomo en muestra de organismo (<i>Cerithidea valida</i>) en el estero salado durante el mes de Octubre del 2010.....</b>	<b>33</b>
<b>Fig. 52. Valores del pH del agua en los meses de Agosto, Septiembre y Octubre del 2010. ....</b>	<b>34</b>
<b>Fig. 53. Valores de la Temperatura del agua en los meses de Agosto, Septiembre y Octubre del 2010. ....</b>	<b>35</b>
<b>Fig. 54. Valores de la Salinidad durante los meses de Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.....</b>	<b>36</b>

## RESUMEN

El presente trabajo realizado durante la época seca (Agosto, Septiembre, Octubre) del año 2010 en cinco puntos del Estero Salado de Guayaquil se determinó la concentración de metales pesados Cadmio (Cd), Cromo total (Cr), Plomo (Pb), en las matrices agua superficial y sedimento las mismas que reportaron valores de Cd (ND – 0.06 ppm), Cr y Pb (ND - 0,01 ppm) para las muestras de agua superficial, mientras que los sedimentos fueron de Cd (ND – 9, 50), Cr (11, 99 – 43,47 ppm), Pb (13,47 – 69,47). Adicionalmente se tomaron muestras de gasterópodos (*Cerithidea valida*) para determinar si estos metales afectaban a dichos organismos y por consiguiente a la cadena trófica, los organismos fueron capturados en el área de estudio en el mes de Octubre obteniendo resultados de Cd (1,37 – 3,5), Cr (4,50 – 7,99), Pb (18,73 – 41,03). Los valores encontrados en cada una de las matrices nos refleja la problemática medio ambiental existente en este ecosistema debido principalmente a las actividades industriales, crecimiento poblacional acelerado, deforestación y el mal manejo de desecho y descargas de uso domestico e industrial no tratadas, ocasionando asi el deterioro de este ecosistema.

## SUMARY

This work done during the dry season (August, September, October) of 2010 at five points of Estero Salado de Guayaquil was determined the concentration of heavy metals Cadmium (Cd), total chromium (Cr), Lead (Pb) in the surface water and sediment matrices the same as reported values of Cd (ND - 0.06 ppm), Cr and Pb (ND - 0.01 ppm) for surface water samples, while sediments were Cd (ND - 9 50), Cr (11, 99 to 43.47 ppm), Pb (13.47 to 69.47). In addition, samples of gastropods (*Cerithidea validated*) to determine whether these metals affect these organizations and therefore the food chain, organisms were captured in the study area in the month of October getting results of Cd (1.37 - 3 5), Cr (4.50 to 7.99), Pb (18.73 to 41.03). The values found in each of the matrices we reflect the environmental problems existing in this ecosystem due mainly to industrial activities, rapid population growth, deforestation and mismanagement of waste and discharges of domestic and industrial use untreated well causing deterioration of this ecosystem.

## 1. INTRODUCCION

En los años recientes las investigaciones sobre metales pesados en los ecosistemas acuáticos han sido de gran interés debido a la preocupación de proteger el medio ambiente y a causa del papel que algunos de estos elementos juegan en los seres vivos. Existe la imperiosa necesidad de profundizar las investigaciones que permitan conocer el origen y destino de estos elementos para así poder determinar y cuantificar los efectos ecotoxicológicos que tienen sobre toda la biota que habita en estos medios (<sup>1</sup>Morse *et al.*, 1993; <sup>2</sup>Rainbow, 1993; <sup>3</sup>Rainbow, 1995)

Los metales pesados han sido identificados como contaminantes de los más peligrosos en ecosistemas acuáticos debido a su persistencia y elevada toxicidad, los de mayor importancia toxicológica y ecotoxicológica son: Hg, As, Cr, Pb, Cd, Ni y Zn ya que para la mayoría de los organismos la exposición por encima de una concentración umbral puede ser perniciosa (<sup>4</sup>Martínez-Tabche, 2000; <sup>5</sup>Castañé, 2003).

La presencia de elementos metálicos en sistemas acuáticos fluviales y costeros se origina por la interacción del agua con los sedimentos y la atmósfera con la que está en contacto, produciéndose fluctuaciones en las concentraciones en el agua, como resultados de las fuerzas hidrodinámicas naturales, biológicas y químicas (<sup>3</sup>Rainbow, 1995).

Los metales pesados son parte fundamental de las fuentes antropogénicas provenientes de los desechos domésticos, agrícolas e industriales los cuales son peligrosos para la biota marina, el hombre y el deterioro ambiental en general. Bajo este escenario, los sedimentos, uno de los principales reservorios de estos elementos, actúan como recursos secundarios de contaminación en el medio ambiente marino (<sup>6</sup>Rubio *et. al.*, 1996).

De gran interés en estos ambientes, es el estudio de los metales pesados tóxicos puesto que en comparación con otros contaminantes, no son biodegradables y sufren un ciclo ecológico global en el cual las aguas naturales son las principales vías (<sup>7</sup>Hardstedt & Laumond, 1980; <sup>8</sup>Tam & Wong, 1995), siendo críticos los efectos negativos que ellos ejercen, debido a la toxicidad y a la acumulación en la biota acuática y la población

humana, cuando se encuentran en concentraciones superiores a los niveles reglamentados (<sup>1</sup>Morse *et al.*, 1993; <sup>2</sup>Rainbow,1993; <sup>3</sup>Rainbow, 1995).

La mayoría de los metales pesados son tóxicos, en general, y lo que los hace tóxicos no son sus características esenciales, sino las concentraciones en las que pueden presentarse y el tipo de especie química que forman en un determinado medio.

## **1.1 Metales en el medio ambiente**

### **1.1.1 Cromo**

El cromo es un elemento distribuido extensamente en la corteza terrestre. Puede presentar valencias de +2 a +6. Al parecer, los alimentos son en general la fuente principal de ingesta de cromo.

A niveles de traza es otro elemento esencial, pero puede actuar también como un potente agente cancerígeno. Sus propiedades cancerígenas están asociadas con el Cr (VI), el estado superior de oxidación del cromo.

El elemento cromo no se encuentra en la naturaleza en estado libre, se lo halla como constituyente de numerosos minerales. La contaminación ambiental con cromo se debe principalmente a causas antropogénicas como resultado de ciertas actividades industriales, entre las que podemos citar, galvanizados (inhibidores de corrosión), pinturas, tratamiento para la preservación de postes de madera, fungicidas, tintas, curtiembres, cerámicas, preservadores de telas, en la fabricación de explosivos, etc.

Las especies de cromo (VI) y cromo (III) tienen diferentes biodisponibilidad y toxicidad en los seres humanos, y por esta razón, para preservar la salud de la población, se requiere de un estricto control de sus contenidos en muestras ambientales.

Ambas especies de cromo (III) y (VI) pueden coexistir en aguas naturales, efluentes y suelos dependiendo del pH del medio y de sus características de oxidación – reducción.

### 1.1.2 Plomo

De todas las sustancias químicas tóxicas presentes en el medio ambiente, el plomo es la más persistente. La concentración media de plomo (Pb) en la tierra es de 1,6 g por cada 100 Kg de suelo (<sup>9</sup>Pain, 1995), según <sup>10</sup>Clark (1992), la producción total de plomo ronda los 43 millones de toneladas/año.

En la naturaleza el  $Pb^{2+}$  es la forma estable del Pb, pero también forma complejos poco solubles con carbonatos, sulfuros, sulfatos e hidróxidos. Los compuestos orgánicos (derivados alquílicos del Pb) también forman complejos con materiales húmicos (<sup>11</sup>Schulz-Baldes *et al.*, 1983).

Las fuentes de contaminación de Pb son más variadas y proceden de varios ámbitos. Las áreas urbanas y cercanas a carreteras han sido la principal fuente de Pb antropogénica. Como resultado, la aportación primaria de plomo al medioambiente se hizo a través de la combustión de gasolinas de automóviles.

Según <sup>10</sup>Clark (1992), las actividades humanas liberan mucho más Pb a la atmósfera (449.000 toneladas/año) que las fuentes naturales (19.000 toneladas/año). Prueba de ello, es que las concentraciones de Pb están mucho más elevadas en el suelo y organismos cercanos a carreteras donde la densidad de tráfico es alta. El Pb medido es inorgánico y deriva casi exclusivamente de compuestos alquílicos de Pb añadidos a los carburantes de automóviles (<sup>12</sup>WHO, 1989).

Las emisiones o descargas de industrias que utilizan Pb en su actividad constituyen una fuente de contaminación de los alrededores. El problema surge porque cuando vierten a medios acuáticos, esta contaminación iniciará un recorrido a mayores distancias.

El plomo se utiliza principalmente en soldaduras, aleaciones y baterías de plomo. Además, los compuestos de plomo orgánicos tetraetilo y tetrametilo de plomo se han utilizado también mucho como agentes lubricantes y antidetonantes en la gasolina, aunque en muchos países se está abandonando su uso para estos fines ya que la mayor

amenaza para la salud pública es el plomo que se libera a la atmósfera a través de los gases de escape.

### **1.1.3 Cadmio**

Es un elemento divalente con masa atómica de 112,41. Es soluble en ácidos minerales, con los que forma las sales minerales correspondientes, y es insoluble en agua. Es uno de los contaminantes de mayor importancia, debido a su persistencia, toxicidad y potencial de bioacumulación (<sup>13</sup>USEPA, 2000). El cadmio ha sido detectado en más de 1000 especies de flora y fauna, tanto acuática como terrestre. No existe evidencia de que sea biológicamente esencial, y por el contrario se ha comprobado que a concentraciones relativamente bajas es tóxico para todas las formas de vida.

Los niveles de cadmio (Cd) en la corteza terrestre están entre 0,1 - 0,5 µg/g, en la atmósfera entre 0,1 - 5 ng/m<sup>3</sup>, en los sedimentos marinos aproximadamente 1 µg/g, en el agua marina aproximadamente 0,1 µg/L (<sup>10</sup>Clark, 1992) y en agua de río la concentración de Cd disuelto está entre 1 - 13,5 ng/L (<sup>14</sup>WHO, 1992).

El cadmio se libera al medio ambiente en las aguas residuales y los fertilizantes y la contaminación aérea local producen contaminación difusa.

En la industria, se aprovecha del Cd su gran resistencia a la corrosión, su bajo punto de fusión y al ser un excelente conductor eléctrico, su uso se ha derivado en pigmentos, revestimientos, pinturas y baterías recargables de níquel - cadmio.

El Cd, como fuente de polución en el medioambiente, proviene primariamente de efluentes industriales (fundición del cobre, cinc, plomo y níquel) y municipales, así como de la deposición atmosférica procedente de la combustión de plásticos, combustibles de automóviles, gomas y del humo de tabaco.

Según <sup>10</sup>Clark (1992), las emisiones atmosféricas de Cd, consideradas como la ruta principal de entrada al medioambiente, son primariamente antropogénicas y se han estimado en unas 7.300 Tn/año, comparadas con las 960 Tn/año de fuentes naturales.

## **1.2 Metales en el medio acuático**

Los metales que entran en el medio acuático pueden tener origen natural o antropogénico. La erosión y la lixiviación química de suelos y roca constituyen la aportación más importante por procesos de origen natural. Sin embargo, actualmente la cantidad de metales procedentes de la actividad industrial y minera, iguala o excede a la liberada al medio acuático por procesos naturales. La necesidad que tiene un ser vivo de un determinado elemento se verá reflejado en la capacidad que tiene de captarlo del medio ambiente, concentrarlo y utilizarlo, lo que se define como metabolización del elemento.

Esta capacidad de metabolización será un hecho diferencial claro que permitirá discernir entre elementos esenciales y no esenciales. No obstante, la metabolización de algunos elementos no esenciales puede ser similar a la de los elementos esenciales, siendo ésta una de las razones de su carácter tóxico.

El aspecto más importante que distingue a los metales de otros contaminantes tóxicos es el hecho de no ser biodegradables. Una vez en el ambiente pueden permanecer durante cientos de años. La exposición a concentraciones elevadas de metales esenciales también puede producir efectos tóxicos resultantes, normalmente, de la unión poco específica de los metales a macromoléculas biológicamente importantes como son los grupos prostéticos de enzimas o metaloproteínas, de forma que pueden alterar su conformación y actividad biológica. Este tipo de unión no específica, constituye la forma principal de toxicidad de los metales (<sup>15</sup>Mas y Arola, 1993).

La presencia de trazas metálicas en sistemas acuáticos naturales, es originada por la interacción entre el agua, sedimentos y la atmósfera con los cuales el agua está en contacto. Las concentraciones de metales pesados en el agua fluctúan como resultados de las fuerzas hidrodinámicas naturales, biológicas y químicas.

En los sistemas estuarinos se ha incrementado la concentración de metales pesados como consecuencia de la agricultura, actividades humanas y el acelerado crecimiento demográfico, los cuales favorecen las descargas hacia la atmósfera, suelos, y agua.

Constituyendo de esta forma, reservorios de elementos disueltos y suspendidos, incrementado por efecto de la biota y los mecanismos *in situ* que allí ocurre (<sup>16</sup>Adriano, 1986; <sup>17</sup>Sadid, 1992; <sup>18</sup>David & Phillips, 1995; <sup>19</sup>Zhang, 1995).

El transporte a los estuarios de los elementos metálicos se efectúa a través de cada uno de los siguientes mecanismos: asociaciones inorgánicas, especies iónicas disueltas, complejación con moléculas orgánicas disueltas, adsorción, precipitación, coprecipitación sobre el material suspendido incorporaciones en materiales biológicos y estructuras cristalinas. De igual manera, las reacciones en las cuales pueda participar el elemento juegan un papel importantísimo en el comportamiento dentro del estuario debido, a que puedan ocurrir procesos de movilización, remoción, diagénesis, difusión y reciclación en la columna de agua y en algunos sedimentos, disminuyendo las concentraciones de ellos en una fase e incrementándolas en la otra (<sup>20</sup>Miskiewicz & Gibbs, 1994; <sup>21</sup>Cheevaporn *et al.*, 1995; <sup>22</sup>Schneider & Davey, 1995).

El comportamiento y distribución de los metales pesados no es tan fácil de entender puesto que la conducta de ellos varía de un estuario a otro (<sup>19</sup>Zhang, 1995; <sup>23</sup>Elbaz – Poulichet *et al.*, 1996). Esto es debido al fuerte gradiente en la composición química del agua, variabilidad de las concentraciones del material en suspensión y a los complejos procesos hidrodinámicos (<sup>24</sup>León, 1995), así mismo, <sup>25</sup>Balls *et al.* (1994) señalan que los ciclos de las mareas influyen en la repartición y proceder de estos elementos en dichos medios.

### **1.3 Metales en organismos acuáticos**

Algunos organismos acuáticos tienden a bioacumular metales pesados a concentraciones superiores a las del medio, este problema de bioacumulación se ve exacerbado por la biomagnificación de estos elementos en su paso a través de la cadena trófica.

La captación y toxicidad de los metales pesados para los organismos acuáticos están influenciados no solo por su concentración, también son relevantes el tiempo de exposición y los factores bióticos y abióticos del ambiente (<sup>5</sup>Castañé, 2003).

Los principales factores que afectan el ingreso de metal en los organismos acuáticos son su forma química, la presencia de otros metales, el pH, la salinidad, la especie animal y la fase del ciclo de vida.

El grado de bioacumulación de un metal es el resultado del balance entre la tasa de entrada y la tasa de eliminación. Los procesos de bioacumulación son debidos básicamente a la imposibilidad, por parte del organismo afectado, de mantener los niveles necesarios de excreción del contaminante, por lo que sufre una retención en el interior del mismo (<sup>26</sup>Torreblanca *et al.*, 1993).

Los metales se han asociado con una serie de modificaciones y adaptaciones fisiológicas en los moluscos, lo que les permite su tolerancia y adaptación selectiva tanto entre especies como entre los diferentes tejidos (<sup>27</sup>Roesijadi, 1986; <sup>28</sup>Viarengo *et al.*, 1988 en Lewis, 1990).

Los metales llegan a los tejidos de los animales acuáticos a través de las superficies expuestas al medio y del alimento. Las branquias y el tracto digestivo son las principales superficies que permiten el paso de los metales.

El transporte desde la superficie permeable hasta los distintos órganos tiene lugar por medio del líquido circulante (sangre o hemolinfa). Los metales se unen de forma más o menos inespecífica a las proteínas presentes en este líquido y son transportados a todos los tejidos. Los órganos en los que se suele producir una mayor acumulación son el riñón y el hígado (o la glándula digestiva en los animales invertebrados), siendo el riñón la vía principal de excreción (<sup>26</sup>Díaz-Mayans *et al.*, 1993).

#### **1.4 Caracterización de los Moluscos (*Cerithidea valida*)**

Los moluscos son un grupo de invertebrados caracterizados en su mayoría por la presencia de un cuerpo blando y una envoltura externa de naturaleza calcárea conocida comúnmente como concha o conchilla.

Los moluscos presentan un importante éxito evolutivo, otorgado por su gran adaptación a variados hábitats, obteniendo de esta forma representantes en el medio acuático y terrestre, aunque en el medio marino es donde su variación es mayor.

Los gasterópodos integran la clase más grande y diversificada del Phylum y han logrado el mayor éxito evolutivo.

*Cerithidea valida* (<sup>29</sup>C. B. Adams, 1852) es un gasterópodo perteneciente a la familia Potamididae. Es una de las especies más característica de la fauna malacológica. Presenta una amplia distribución y se encuentra de forma frecuente en el Estero Salado. Además, el hecho de que los gasterópodos en general sean fáciles de muestrear, mantener y manipular en el laboratorio los hace especialmente adecuados para el estudio.

El presente trabajo evalúa la concentración de los metales pesados Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Cromo (Total) en cinco estaciones de muestreo a lo largo de la zona del Estero Salado de Guayaquil (Fertisa, 2° Puente de la Perimetral, Puente Portete, Puente Miraflores, Puente Ecológico) para determinar si las concentraciones detectadas se encuentran dentro de los Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario; establecidos en el Texto Unificado de Legislación Secundaria Medio Ambiental (<sup>30</sup>TULSMA) Libro VI, Anexo 1; Tabla 3, del Ministerio de Ambiente de la República del Ecuador, además de determinar mediante un análisis comparativo el sector con mayor concentración de metales.

## **1.5 HIPÓTESIS**

Las concentraciones de metales pesados (Pb, Cr Total, Cd) en las matrices de agua superficial, sedimentos y organismos (Gasterópodos) del Estero Salado de Guayaquil son aptas para la vida acuática existente en el medio.

## **1.6 OBJETIVOS**

### **1.6.1 Objetivo General**

- Determinar las concentraciones de metales pesados (Cd, Cr Total y Pb) de agua superficial y sedimentos en el Estero Salado (Guayaquil), para verificar si estas se encuentran en concentraciones adecuadas para la preservación de los organismos acuáticos.

### **1.6.2 Objetivos específicos**

- Determinar las diferencias espaciales de las concentraciones de metales pesados (Cd, Cr Total y Pb) en el área de estudio.
- Determinar cuáles son los factores externos (temperatura, salinidad, pH, descargas industriales y domesticas) que influyen en la variación de las concentraciones de metales pesados en cada de las matrices y estaciones muestreadas.

### **1.6.3 Actividades**

- Determinar las concentraciones de metales pesados (Cd, Cr Total y Pb) en agua superficial de cinco estaciones del Estero Salado.
- Determinar las concentraciones de metales pesados (Cd, Cr Total y Pb) en sedimentos de cinco estaciones del Estero Salado.
- Determinar las concentraciones de metales pesados (Cd, Cr Total y Pb) en organismos (Gasterópodos) colectados en cinco estaciones del Estero Salado.
- Analizar y comparar las concentraciones de metales pesados (Cd, Cr Total y Pb) entre agua superficial y sedimentos en las cinco estaciones del Estero Salado.

## **2. ANTECEDENTES**

Debido a que el movimiento de las aguas del Estero Salado se limita al flujo y reflujos de las mareas, con poca translación de masa, se dificulta que las aguas se renueven debidamente por un mayor contacto con las del mar. Por esta características y producto de las descargas de aguas negras domesticas e industriales vertidas al Estero Salado, se ha ocasionado, en su cuerpo de agua y en las zonas aledañas, una alarmante contaminación caracterizada por el mal olor y color negruzco de sus aguas, provocado por la falta de oxígeno disuelto (<sup>31</sup>Plan Integral Recuperación del Estero Salado, 2000).

Se han realizado varios programas y estudios con el propósito de recuperar el Estero Salado, tales como: <sup>32</sup>Plan de recuperación de Estero Salado (1978), <sup>33</sup>Plan de Tratamiento de las Aguas Servidas EMAG (1978), <sup>34</sup>Plan Integral para la Recuperación del Estero Salado (PIRES, 2000) del M.I Municipalidad de Guayaquil, <sup>35</sup>Evaluación de contaminación en un ramal del Estero Salado (Puente 5 de Junio – Puerto Marítimo) sobre la base de la demanda bioquímica de oxígeno (Pizarra y Medina ,1991).

El incremento de la actividad industrial y el desarrollo urbano en los alrededores de la ciudad de Guayaquil en los últimos años ha provocado un aumento de concentración de metales pesados en el ecosistema estuarino, debido a que en muchas ocasiones son vertidas directamente a su caudal descargas de aguas residuales sin tratamiento, generando así una gran acumulación de estas sustancias toxicas que son altamente nocivos para los seres vivos.

<sup>36</sup>Realpe *et al.* (1999), determinaron que las concentraciones de plomo en la estación localizada a 5 m del Puente del Policentro fue de 0.254 ppm, en la estación ubicada a 400 m del Puente del Policentro fue de 0.132 ppm, y en la estación localizada a 4 m del Puente Urdesa fue de 0.237 ppm.

Según un monitoreo de calidad de agua realizado por la <sup>37</sup>Dirección de Medio Ambiente (DMA) del M.I Municipalidad de Guayaquil en el 2009, en 14 puntos de muestreo, en los diferentes tramos del Estero Salado durante pleamar y bajamar, concluyeron que en pleamar y en bajamar las concentraciones determinadas de los parámetros potencial de hidrogeno, temperatura, arsénico, cadmio, cromo y cobre se encuentra dentro de los límites máximos permisibles establecidos en la tabla 3 anexo 1 del TULSMA. El plomo durante el monitoreo efectuado durante pleamar, presentó concentraciones dentro de los límites máximos permisible establecida en la normativa en casi todos los puntos monitoreados, a excepción del puente del policentro correspondiente al Tramo A del Estero Salado. Referente al monitoreo efectuado en bajamar el punto de monitoreo del Puente de la 17 fue el único que presentó una concentración que sobrepasa los límites máximo permisible de la normativa ambiental.

Un informe técnico del monitoreo de calidad de agua en el <sup>38</sup>Tramo A del Estero Salado realizado durante el mes de enero del 2009 por DMA muestra que las concentraciones para Cadmio y Plomo de las muestras tomadas en pleamar y bajamar, se encuentra por encima de los límites máximo permisibles de la normativa ambiental, en cambio el Cromo total si se encuentra dentro de la normativa ambiental.

<sup>39</sup>Arcos V. y R. Castro (2005), Metales pesados en agua, sedimentos y organismos. Revista de Ciencias Naturales y Ambientales, V. 1 N° 1: pg. 103 – 120 describen la concentración de ciertos metales pesados (Plomo, Cadmio, Cromo, Cobre), presentes en muestras de organismos, sedimentos, agua del Río Taura y sus afluentes concluyen que la contaminación por metales pesados en la cuenca del Río Taura aún no es significativa sin embargo el alto contenido de ciertos metales tóxicos en organismos y en sedimentos en ciertas áreas deben ser tomadas en consideración. En monitoreo de contaminación por metales los moluscos son buenos indicadores biológicos a través de este estudio se comprueba que los metales han sido incorporados a la cadena trófica. Se considera este antecedente, debido a que el Río Taura descarga sus aguas en el estuario del Golfo de Guayaquil, área de alta productividad y diversidad (<sup>40</sup>Cruz, M. 1981; <sup>41</sup>Guzmán, *et al.* 1991; <sup>42</sup>Jiménez, R. 1975; <sup>43</sup>Peribonio, R. 1981; <sup>44</sup>Twilley, R *et al.*1994).

### **3. AREA DE ESTUDIO**

#### **3.1 Generalidades del Estero Salado de Guayaquil**

El estero salado forma parte del estuario más grande de la costa sudamericana del Pacífico el golfo de Guayaquil, se encuentra ubicado en la parte sureste de la República del Ecuador (<sup>45</sup>CAAM, 1996).

El Estero Salado es un medio natural que, al igual que el Río Guayas es uno de los referentes geográficos con los cuales se identifica Guayaquil desde su fundación. Se conoce al Estero Salado como un sistema estuarino situado al Occidente del Río Guayas y al Oeste del Golfo de Guayaquil, penetra hacia el interior de forma paralela al río, llevando las aguas del Golfo por una serie de ramificaciones hasta la ciudad de Guayaquil, donde se extiende unos 30 Km.

Es ancho en un tramo inmediato al mar pero conforme penetra la tierra se torna largo y estrecho. El tramo superior del Estero que forma parte de la ciudad, no recibe aporte de escorrentías pluviales en forma continua que corresponderían a los caudales producidos por los canales naturales provenientes de la cordillera de Chongon que limita a la cuenca por Occidente (<sup>34</sup>PIRES, 2000).

Los canales tienen de 5 a 10 metros de profundidad a través de su extensión, excepto en los brazos pequeños del Estero superior donde llegan a ser menos profundo y casi secos en marea baja.

Geológicamente el estero salado está constituido por sedimentos aluviales cuaternarios producto de las inundaciones del río Daule, de tipo arcilloso - limoso sin embargo los suelos predominante son los arenosos (<sup>46</sup>Stevenson, 1981). La circulación de las masas de agua de esta zona, se ven influenciadas por el aporte de las descargas de los ríos, corrientes de mareas (<sup>45</sup>CAAM, 1996) y por la acción de los vientos.

Climatológicamente presenta dos estaciones una estación seca comprendida entre Junio a Noviembre y la estación lluviosa comprendida entre los meses de Diciembre a Mayo (<sup>47</sup>Consulambiente, 2007).

El estero salado se encuentra dividido en cuatro zonas acuáticas: Zonas I, II, III, IV según la clasificación de Montaña en 1993 (<sup>33</sup>EMAG, 1978).

Las mismas que se extienden desde el oeste en el Océano Pacífico hacia el noroeste de la ciudad de Guayaquil, siendo estas:

### **Zona I**

Aquella zona que se inicia en el canal del Morro frente a Posorja.

### **Zona II**

La zona que se extiende desde la línea que une la isla Puna y la camaronera Taipax en la península de Santa Elena y la línea entre el extremo Suroeste de la isla Escalante hasta la mitad de la isla Palo Santo.

### **Zona III**

Desde la línea del Suroeste de la isla Escalante y la Isla Palo Santo hasta el estero San Francisco y la zona de cuarentena.

### **Zona IV**

Corresponde al estero que bordea a la ciudad de Guayaquil desde la zona de cuarentena del Puerto Marítimo hasta las ciudadelas Miraflores y Urdenor.

Esta última zona fue dividida en tramos, según informes técnicos de la M.I Municipalidad de Guayaquil, basados en las características ambientales, asentamientos urbanos y actividades industriales localizadas en los márgenes de dichos esteros, encontrándose siete tramos denominados A, B, C, D, E, F, G localizados al este de la ciudad de Guayaquil de los cuales el tramo B es considerado como el más contaminado de todos (<sup>31</sup>Lahmeyer – Cimentaciones, 2000).

A pesar de la importancia económica, social y ecosistémica de este estuario, el Estero Salado ha sufrido alteraciones físicas, químicas y biológicas desde hace más de tres décadas (<sup>33</sup>EMAG, 1978). Debido a las presiones generadas por la actividad humana, principalmente por las actividades industriales, crecimiento poblacional desmesurado, deforestación, falta de manejo de desechos sólidos y descargas de aguas residuales de uso doméstico e industrial no tratadas, ha conducido a un alarmante nivel de contaminación, caracterizada por el mal olor de sus aguas, un color negruzco y la falta de oxígeno disuelto (descomposición orgánica y presencia de pH ácido), lo cual repercute sobre la existencia de vida superior en sus aguas (<sup>31</sup>Lahmeyer – Cimentaciones, 2000).

### **3.2 Descripción de los puntos de muestreos**

Las estaciones de muestreo fueron 5, todas ubicadas dentro de la ciudad de Guayaquil en la zona IV del Estero Salado (Figura 1) y sus correspondientes tramos. Su ubicación geográfica fue establecida mediante el uso del GPS y se encuentran resumidas en el Tabla 1.

**Tabla 1. Localización geográfica de las estaciones muestreadas en el Estero Salado durante Agosto, Septiembre y Octubre de 2010.**

Estación	UTM	
	S	W
Fertisa	02°15'21.4''	79°54'27.5''
2° Puente Perimetral	02°14'080''	79°56'24.7''
Puente Portete	02°11'50.5''	79°56'17.6''
Puente Miraflores	02°10'013''	79°54''58.8''
Puente Ecológico	02°09'283''	79°54''09.5''



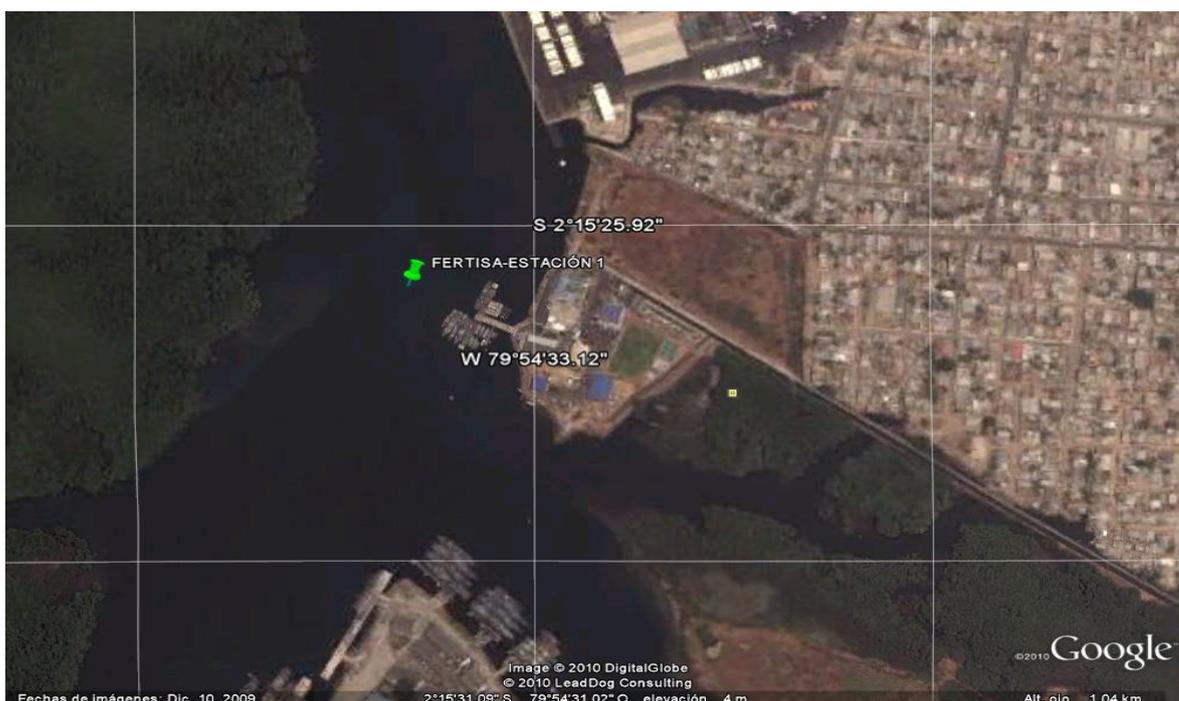
**Figura1. Ubicación de las estaciones de muestreo durante Agosto, Septiembre, Octubre del 2010**

## **Estación # 1**

### **Fertisa**

Ubicada en el Guasmo oeste, Fertisa, en la cooperativa Santiago Roldós junto al Estero el Muerto, en el sur de la ciudad (Figura 2).

En este sector se encuentra localizada la fábrica de fertilizantes agrícolas Fertisa (Figura 3) y también existen asentamientos poblacionales en las riberas del estero (Figura 4 y 5).

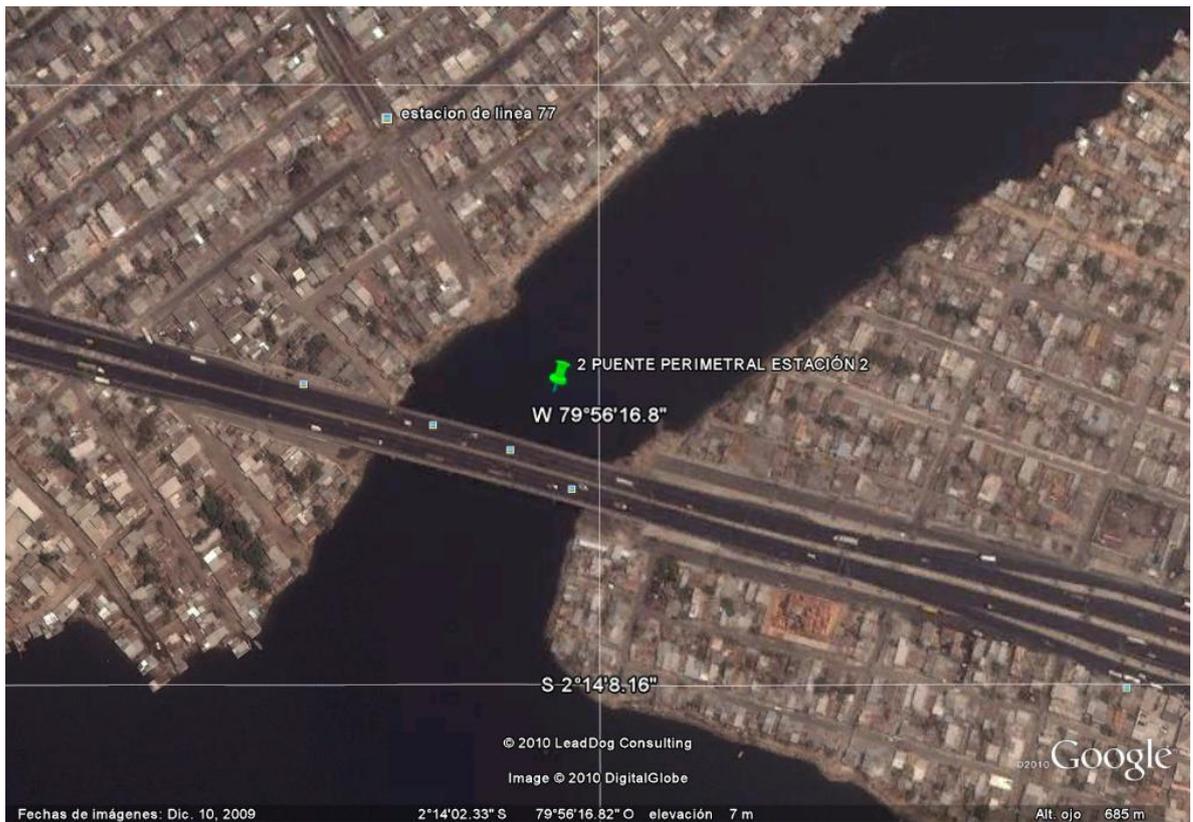


**Figura 2. Ubicación de la estación Fertisa**

## **Estación # 2**

### **2 Puente Perimetral.**

Ubicado en el suroeste de la ciudad en la avenida perimetral (Figura 6), en este sector existen asentamientos urbanos los cuales han invadido al estero con relleno de material de construcción (Figura 7) y también es una zona de continuo transporte fluvial (Figura 8).

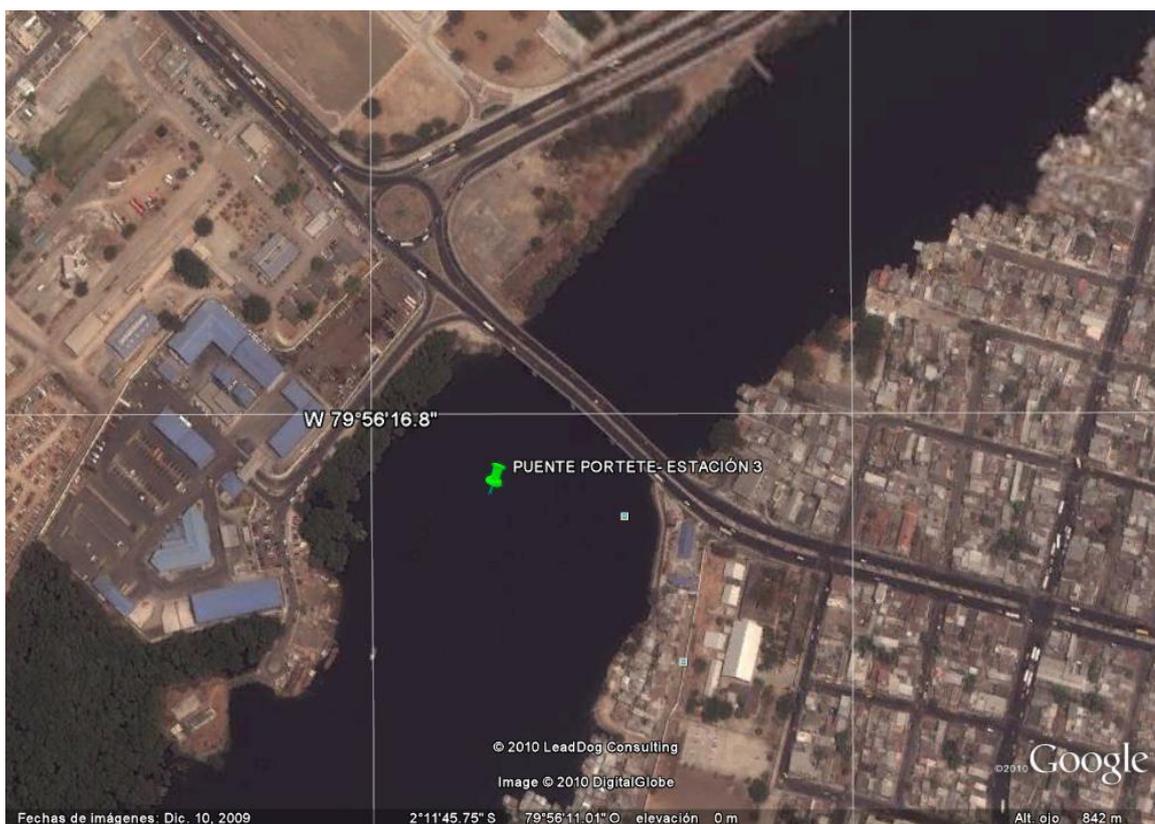


**Figura 6. Ubicación del la estación 2° Puente Perimetral**

### **Estación # 3**

#### **Puente Portete.**

Ubicada en las calles Portete y Barcelona en el suroeste de la ciudad (Figura 9), en este sector hay escasa presencia de manglar (Figura 10) y aquí también se realiza mantenimiento de embarcaciones fluviales (Figura 11 y 12)

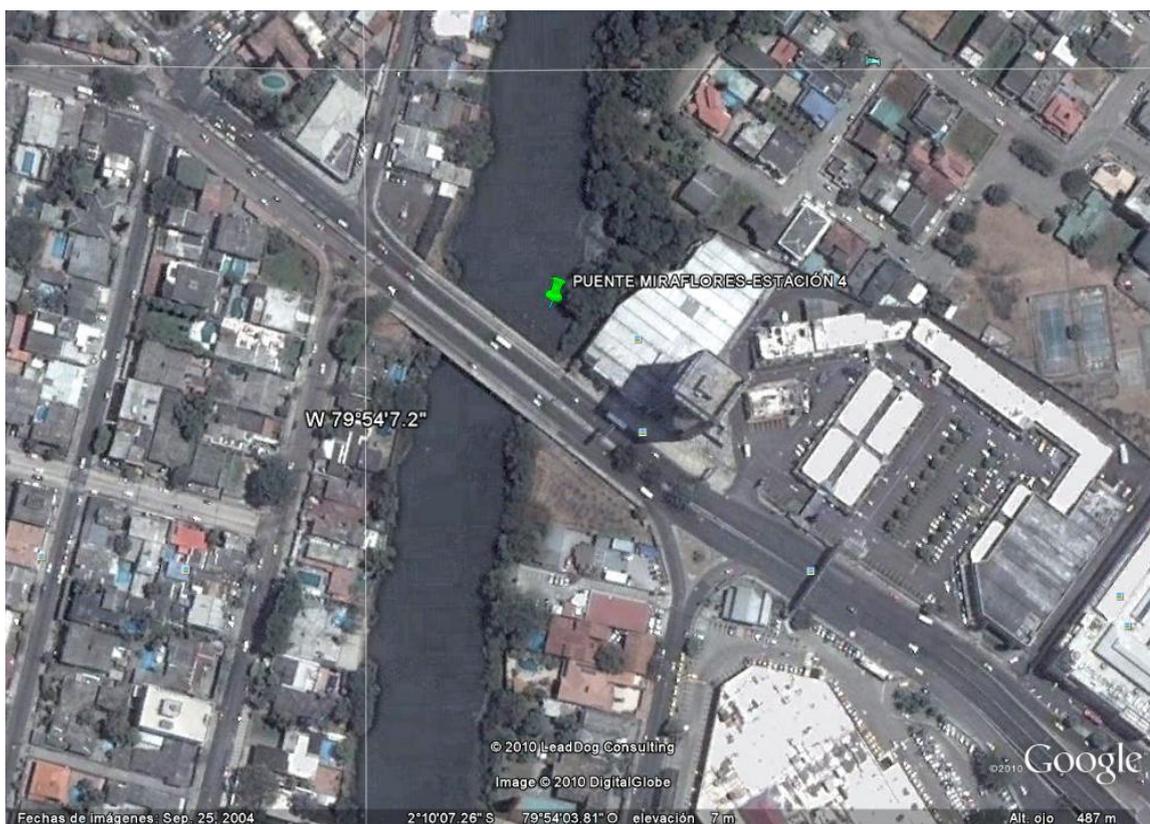


**Figura 9. Ubicación de la estación Puente Portete**

#### **Estación # 4**

##### **Puente Miraflores**

Se encuentra ubicado en la Av. Circunvalación junto al Puente Teodoro Maldonado Carbo (Figura 13). Comprende la zona 1 las áreas urbanas con servicios urbanísticos, agua potable y alcantarillado suficientemente adecuadas, a pesar de esto existen residencias e industrias que descargan sus aguas residuales a canales y al estero salado (Figura 14 y 15) se puede observar escasa presencia de manglar (Figura 16).

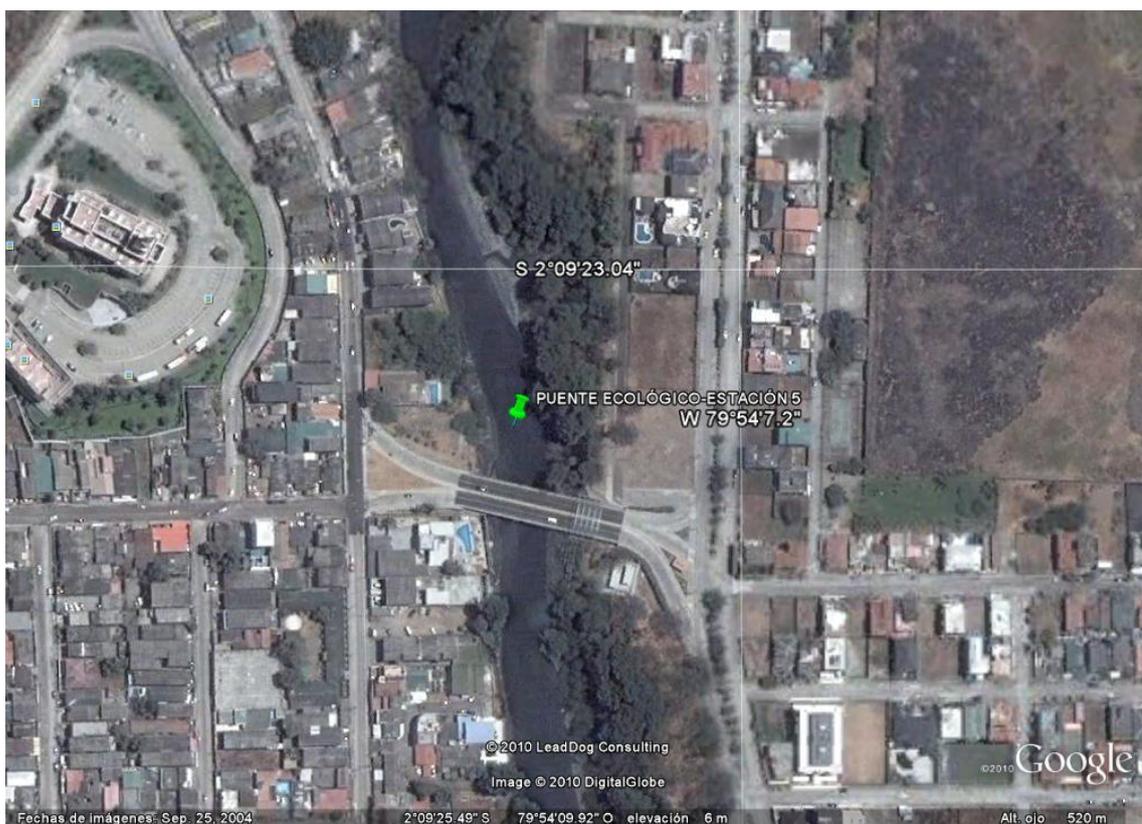


**Figura 13. Ubicación de la estación Miraflores**

### **Estación # 5**

#### **Puente Ecológico**

Se encuentra ubicado en la Parroquia Urbana Tarqui del cantón Guayaquil, entre las ciudadelas Kennedy Norte y Urdesa Norte, en el margen Este del Estero Salado (Figura 17). Comprende la zona 1 las áreas urbanas con servicios urbanísticos, agua potable y alcantarillada suficientemente adecuada, aunque existen residencias e industrias que descargan sus aguas residuales a canales y al estero salado (Figura 18). Presencia de manglar (Figura 19).



**Figura 17. Ubicación de la estación Puente Ecológico**

## **4. MATERIALES Y METODOS**

### **4.1 Toma de muestra**

Durante los meses de Agosto, Septiembre y Octubre del 2010 se colectaron muestras de agua y sedimento, adicionalmente en el mes de Octubre se realizó una colecta de organismos (gasterópodos) durante la bajamar en cada una de las estaciones de muestreo, para determinar las concentraciones de Cadmio, Plomo y Cromo total.

Las muestras de agua superficial fueron colectadas por duplicado en envases de polietileno de 1000 ml previamente tratados con ácido nítrico diluido, luego fueron trasladadas al laboratorio dentro de una hielera a una temperatura aproximadamente de 10 °C. Los análisis fueron realizados en el laboratorio de Espectrofotometría del Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales (IIRN) de la Facultad de Ciencias Naturales (FCCNN) de la Universidad de Guayaquil (UG) (Figura 20). También se tomaron muestras de agua superficial en envases plásticos pequeños estériles en cada una de las estaciones para posteriormente medir la salinidad en el laboratorio.

Las muestras de sedimentos se colectaron por duplicado en fundas de polietileno de manera manual, utilizando guantes quirúrgicos estériles en cada una de las estaciones para evitar contaminación cruzada, estas fueron trasladadas al laboratorio dentro de una hielera a una temperatura de 10 °C (Figura 21).

Los organismos fueron colectados en fundas de polietileno y conservados en congelación hasta su posterior análisis (Figura 22), al igual que todas las otras matrices colectadas (Figura 23).

En cada una de las estaciones se incluyó la toma de parámetros físicos químicos como: la temperatura que fue tomada con un termómetro ambiental de mercurio (Figura 24), salinidad, pH en el agua superficial y las coordenadas geográficas con un equipo GPS (Figura 25), adicionalmente se registró la hora de la toma de la muestra.

#### **4.2 Análisis en laboratorio**

El laboratorio de Espectrofotometría del IIRN está en proceso de acreditación bajo la Norma ISO/IEC 17025 por parte del Organismo de Acreditación Ecuatoriano, para la obtención de la Acreditación Nacional para laboratorios técnicos.

Para la determinación de metales pesados, el laboratorio emplea espectrofotometría por absorción atómica para metales como cobre, oro, platino, zinc, calcio, hierro, magnesio, sodio, potasio, plomo, cromo, níquel, arsénico, mercurio en diversas matrices provenientes de actividades como minería, agricultura, industria farmacéutica, industria plástica, hidrocarburos, industria metalúrgica, industria de alimentos, descargas industriales, industria cartonera y material de empaque.

Para el análisis de las muestras se siguieron los procedimientos y controles de calidad establecidos en el laboratorio.

## **4.2.1 Análisis de agua**

### **4.2.1.1 Preservación y extracción**

Una vez las muestras en el laboratorio, se procedió a su preservación colocando 1ml de ácido nítrico concentrado en cada una de ellas (Figura 26).

Posteriormente la muestra fue filtrada a través de una membrana de celulosa de 0.2  $\mu\text{m}$  con ayuda de una bomba para producir vacío (Figura 27).

El método empleado para la extracción de los metales fue tomado del Boletín Científico y Técnico Vol. VII, N° 1 del Instituto Nacional de Pesca “Instrumentación y Análisis Químico de Agentes Contaminantes en el Mar” por <sup>48</sup>Solórzano, L., el procedimiento consistió en colocar 400 ml de la muestra en frascos plásticos, se adicionó 3 ml de solución pirrolidina ditio-carbomato de amonio (APDC), 5 ml de acetato de amonio y 15 ml de cloroformo en cada una de las muestra (Figura 28), se homogenizó durante 10 minutos.

Posteriormente se colocó las muestras en embudos de separación con llave de teflón, agitando por 2 minutos obteniéndose la formación dos fases una clorofórmica y la otra acuosa, se colectó y filtró la fase clorofórmica en un matraz de 50 ml, una vez filtrada la muestra se adicionó 1 ml de ácido nítrico al 50% la solución resultante fue llevada al plato calentador para evaporar el cloroformo y concentrar el ácido, se permitió enfriar la solución, revisolver la muestra evaporada y enjuagar con agua destilada, finalmente se colocó 0.5 ml de ácido nítrico concentrado se enrazó a 50 ml en un matraz aforado y homogenizó la muestra (Figura 29).

## **4.2.2 Análisis de los sedimentos**

### **4.2.2.1 Secado**

Colocadas las muestras sobre papel encerado este se esparció en láminas lo más finas posibles y se secó completamente a temperatura ambiente durante 48 horas. (Figura 30).

#### **4.2.2.2 Trituración y tamizado**

Una vez secas las muestras se procedió a triturarlas con un mortero hasta obtener un polvo muy fino, posteriormente éste fue tamizado empleando tamices de 250, 125, 71  $\mu\text{m}$  de luz de malla, entre muestra y muestra los tamices fueron limpiados con alcohol para eliminar residuos, finalmente se colocaron las diferentes fracciones de las muestras tamizadas en fundas ziploc adecuadamente rotuladas con los nombres de las estaciones (Figura 31 y 32).

#### **4.2.2.3 Secado y pesado**

Colocadas las muestras en capsulas de porcelana (Figura 33) se las llevó a la estufa a temperatura de 60 a 80  $^{\circ}\text{C}$  durante 1 hora para eliminar la humedad (Figura 34), antes de pesar las muestras se realizó la verificación de peso en la balanza, (Figura 35) que consistió en tomar una masa patrón que contenía el peso exacto en gramos en este caso 0,50 g, una vez verificado el peso se puso un vaso de precipitación en la balanza obtenido el peso tarar, una vez introducido el tubo de ensayo rotulado dentro del vaso volver a tarar, se pesó 0.50g de la muestra (Figura 36) y después se llevó a la cámara de extracción de gases.

#### **4.2.2.4 Digestión**

Dentro de la cámara de extracción de gases se colocaron 5ml de  $\text{NO}_3\text{H}$  a cada uno de los tubos, se agitó suavemente hasta que se homogenizó la muestra, (Figura 37) sellando el tubo con un tapón interno y cubriendo el borde del tubo con cinta de teflón y después se procedió a tapar hasta cerrarlo herméticamente, preparado el baño de maría a 100  $^{\circ}\text{C}$  se introdujeron los tubos durante 1 hora (Figura 38), pasado este tiempo se retiraron los tubos dejándolos enfriando por 15 minutos y luego se filtró en un matraz aforado de 100 ml enjuagando con agua destilada para eliminar la materia orgánica de las paredes del tubo, una vez filtrada la muestra se agregó 1ml de óxido de lantano (modificador de matriz) para eliminar restos de impurezas (Figura 39), luego se enrazó el matraz con agua destilada y se agitó (Figura 40).

#### **4.2.3 Análisis de organismos**

Estando ya las muestras en el laboratorio se procede a lavarlas con agua destilada para eliminar restos de sedimento. Posteriormente fueron analizados e identificados a nivel de taxa.

Luego se retiró el cuerpo con ayuda de equipo de disección y un objeto fuerte con el que se pueda partir la concha del gasterópodo sin dañar el cuerpo, una vez extraído fueron colocadas en capsulas de porcelana y llevadas a la estufa hasta que quede completamente seco. Posteriormente fueron trituradas con el mortero, luego se las colocó en capsulas de porcelana (Figura 41) y secadas nuevamente en la estufa durante 1 hora aproximadamente, después se pesó un gramo de la muestra en un vaso de precipitación de 250 ml, se realizó la digestión en frío con 3 ml de ácido nítrico concentrado a cada una de las muestras tapadas con un vidrio reloj y digestadas en frío durante 3 horas. Finalmente se hizo la digestión en caliente (Figura 42) llevando las muestras al plato calentador disolviendo y evaporando los gases durante 30 minutos a una temperatura de 85 °C, se enjuagó con agua destilada, filtró y enrasó en un matraz de 25 ml (Figura 43).

#### **4.2.4 Análisis Químicos**

Para la cuantificación de metales pesados Cadmio, Cromo y Plomo en agua, sedimento y organismos se utilizaron procedimientos internos del laboratorio de Espectrofotometría del IIRN, los mismos que se basan en los métodos descritos en el <sup>49</sup>Standard Methods for water and wastewater Ed. 21, en el Manual Perkin Elmer Atomic Absorption Spectroscopy” empleando flama para la determinación de los metales (Figura 44) y en el <sup>50</sup>Boletín Científico y Técnico Vol. VII, N° 1 “Instrumentación y Análisis Químico de Agentes Contaminantes en el Mar”.

#### **4.3 Preparación de estándares y curvas de calibración**

Con una pipeta volumétrica calibrada se tomó 10 ppm de los estándares de Pb, Cd y Cr de 1000 ppm (Merck), llevarlas a cada uno de los matraces de 100 ml previamente rotulados con fecha y nombre del estándar enazarlas con agua destilada (Tabla 2).

**Tabla 2. Estándares y curvas de calibración**

Metales	Rango lineal	Concentración de chequeo (ppm)	Curvas
Cd	2	1,5	0,5- 1,0 – 2,0
Cr	5	4	
Pb	20	20	5 – 10 – 20

Se rotularon los matraces de 100 ml con los nombres de los estándares, valores de las curvas y las concentraciones de verificación, para Cd se tomaron con las pipetas volumétricas calibradas 0,5 - 1,0 – 2,0 ppm de la solución estándar Cd de 100 ppm llevarlas a los matraces rotulados, para Cr y Pb se realizó la misma operación pero con diferentes concentraciones las mismas que se ubicaron en el Cuadro 2, se añadió a cada una de las soluciones 1 ml de ácido nítrico y modificador de matriz, finalmente enrazarlas con agua destilada.

#### **4.4 Lectura de la muestra**

Las lecturas de las muestras se realizaron en el espectrofotómetro de Absorción Atómica Perkin Elmer modelo AA100. Se corrió la curva de estándares para cada elemento, luego se realizaron las lecturas del blanco y de las muestras. Instrumentalmente se realizaron 5 lecturas y manualmente 2, dando un valor medio de 10 lecturas por muestras.

#### **4.5 Tratamiento de datos**

Las unidades de absorbancia deben ser comprobadas de tal manera que se cumplan con la curva lo cual se verificó con las concentraciones de control.

Los cálculos se realizan en hojas Excel aplicando la siguiente fórmula:

$$ppm = \frac{ppm \text{ en solución muestra} \times \text{Volumen}}{\text{Masa}}$$

#### 4.6 Análisis estadístico de los resultados

Los resultados fueron interpretados utilizando el programa de Microsoft Office Excel 2007 ingresándolos en las tablas y gráficos estadísticos de dicho programa.

### 5. RESULTADOS

#### 5.1 Agua

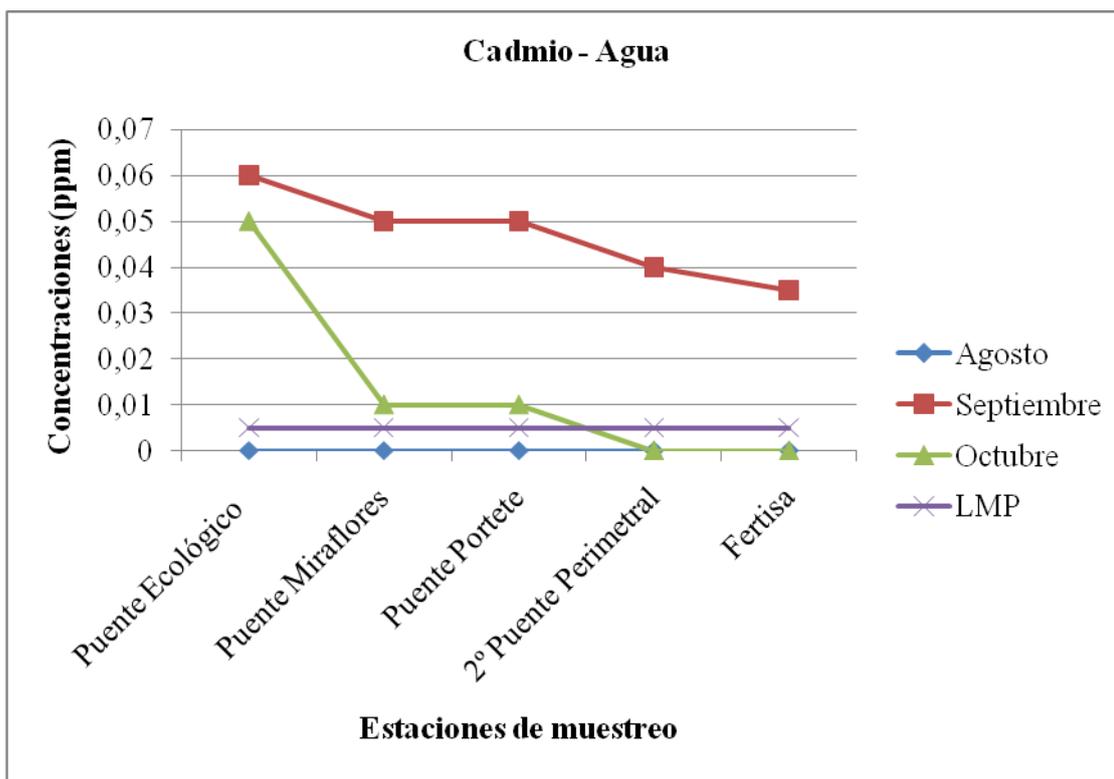
Las concentraciones de Cadmio no fueron detectables en el mes de Agosto, mientras que en los meses de Septiembre y Octubre la concentración más alta fue de 0,06 ppm en la estación del Puente Ecológico esta excedió el valor máximo permisible, los datos se resumen en el Tabla 3 y Figura 45.

**Tabla 3. Concentración de Cadmio en muestra de agua en el estero salado durante los meses Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.**

<b>CADMIO – AGUA (ppm)</b>				
<b>Estación</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SEPTIEMBRE</b>	<b>OCTUBRE</b>	<b>LMP</b>
Puente Ecológico	ND	0,06	0,05	0,005
Puente Miraflores	ND	0,05	0,01	0,005
Puente Portete	ND	0,05	0,01	0,005
2° Puente Perimetral	ND	0,04	ND	0,005
Fertisa	ND	0,035	ND	0,005

**LMP:** Límite Máximo Permissible.

**ND:** Valor no Detectable.



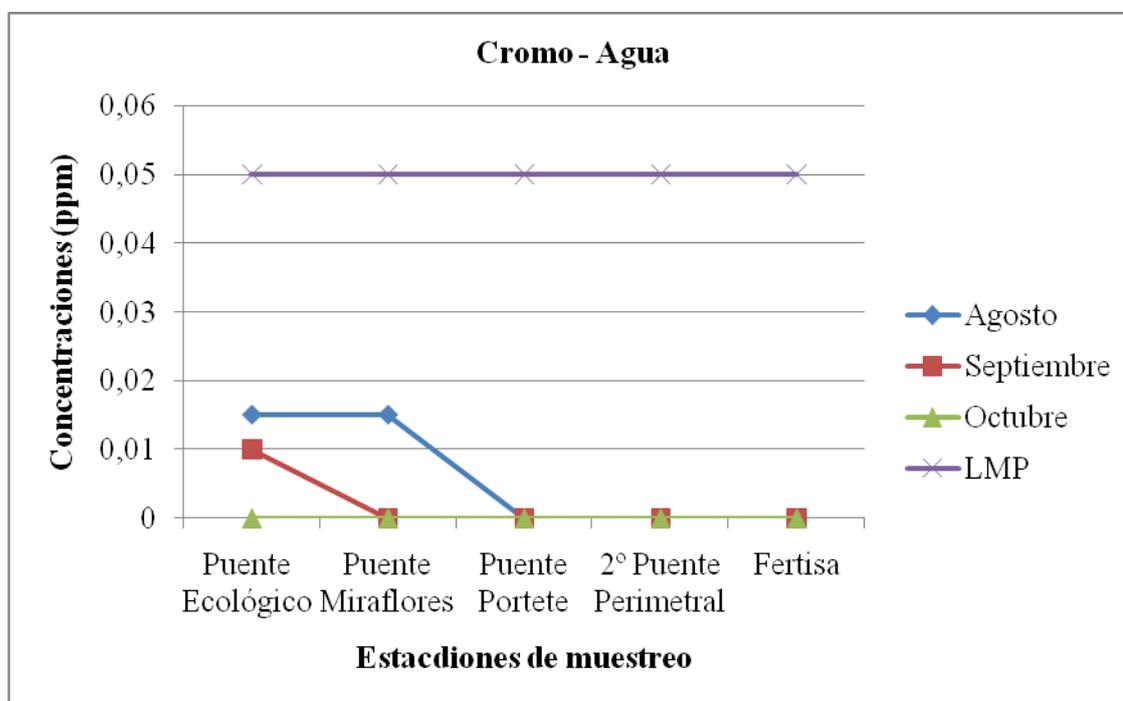
**Figura 45. Concentración de Cadmio en muestra de agua en el estero salado durante los meses Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.**

En el monitoreo Calidad de agua del Estero Salado realizado por la Dirección de Medio Ambiente de M.I Municipalidad de Guayaquil en el 2009 demostró que las concentraciones de Cd se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos en el (<sup>30</sup>TULSMA). En el presente estudio se observa un incremento de las concentraciones de Cadmio siendo la más alta en la Estación de Puente Ecológico con 0,06 ppm del mes de Septiembre, mientras que en las demás estaciones presentaron un rango de 0,05 y 0,01 ppm que sobrepasan los límites establecidos en la normativa ambiental.

El Cromo presentó un patrón de concentraciones bajas en los 3 meses muestreados, solo en Agosto en las estaciones Puente Ecológico y Puente Miraflores se obtuvieron valores de 0.015 que se encuentran el nivel máximo permisible Tabla 4 y Figura 46.

**Tabla 4. Concentración de Cromo en muestra de agua en el estero salado durante los meses Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.**

<b>CROMO – AGUA (ppm)</b>				
<b>Estación</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SEPTIEMBRE</b>	<b>OCTUBRE</b>	<b>LMP</b>
Puente Ecológico	0,015	0,01	ND	0,05
Puente Miraflores	0,015	ND	ND	0,05
Puente Portete	ND	ND	ND	0,05
2° Puente Perimetral	ND	ND	ND	0,05
Fertisa	ND	ND	ND	0,05



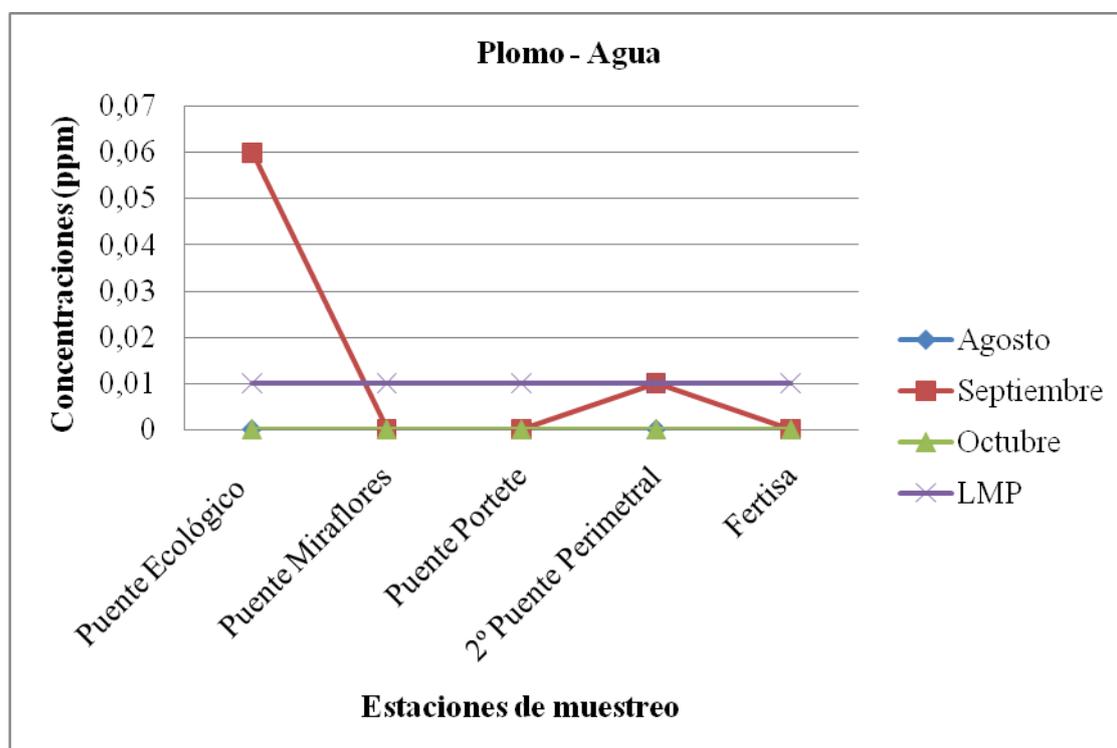
**Figura 46. Concentración de Cromo en muestra de agua en el estero salado durante los meses Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.**

Las máximas concentraciones de Cromo se encontraron en las estaciones de Puente Ecológico y Puente Miraflores con un promedio de 0,015 ppm. En el mes de Agosto. Mientras que las mínimas concentraciones se mantuvieron constante en la estación de Fertisa, 2° Puente Perimetral, Puente Portete en los 3 meses muestreados con un valor no detectable. Las estaciones de Puente Ecológico y Puente Miraflores sobrepasaron los valores máximos permisibles cuyo valor es 0,05 ppm.

El Plomo en los meses Agosto, Septiembre y Octubre presentó concentraciones no detectables para el método, excepto en la estación Puente Ecológico en el mes de Septiembre fue de 0,06 ppm Tabla 5 y Figura 47.

**Tabla 5. Concentración de Plomo en muestra de agua en el estero salado durante los meses Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.**

PLOMO - AGUA(ppm)				
Estación	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	LMP
Puente Ecológico	ND	0,06	ND	0,01
Puente Miraflores	ND	ND	ND	0,01
Puente Portete	ND	ND	ND	0,01
2° Puente Perimetral	ND	0,01	ND	0,01
Fertisa	ND	ND	ND	0,01



**Figura 47. Concentración de Plomo en muestra de agua en el estero salado durante los meses Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.**

El plomo presentó un aumento en la estación de Puente Ecológico con un valor de 0,06 en el mes de Septiembre mientras que en las demás estaciones muestreadas mantuvo concentraciones no detectables.

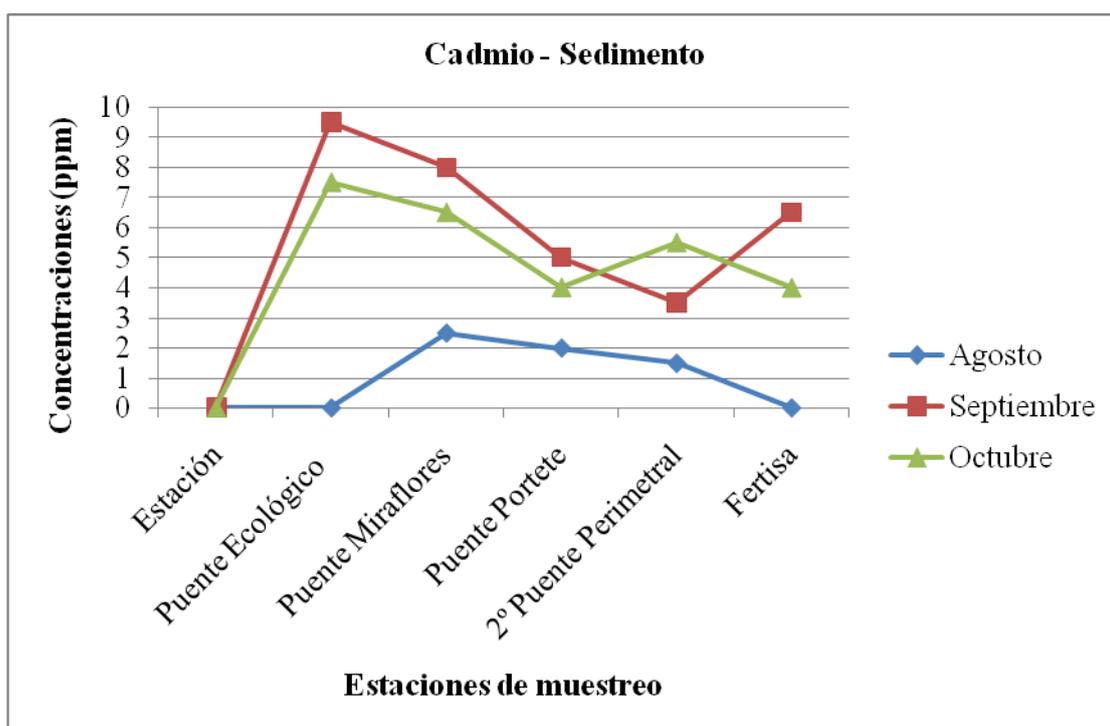
Los valores de plomo se incrementaron el 2010, ya que valores inferiores se registraron en el 2009 cuya máxima concentración se presentó en la estación de Puente de la 17ava con 0,5 ppm. Mientras que el 2010 en el Puente Ecológico se obtuvo una concentración de 0,06 ppm. Dichas concentraciones fueron mayores a los permitidos en la Tabla III “Libro VI. Anexo I. Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas en aguas marinas y de estuario del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria cuyo límite máximo admisible es de 0.01 mg/l (<sup>30</sup>TULSMA 2002).

## 5.2 Sedimento

La presencia de Cadmio en el sedimento durante la época de muestreo tuvo su mayor concentración en septiembre con un valor de 9,5 ppm en el Puente Ecológico y la menor concentración fue 1,49 ppm en Agosto en la estación 2° Puente Perimetral descritos en el Tabla 6 y Figura 48.

**Tabla 6. Concentración de Cadmio en muestra de sedimento en el estero salado durante los meses Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.**

<b>CADMIO - SEDIMENTO (ppm)</b>			
<b>Estación</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SEPTIEMBRE</b>	<b>OCTUBRE</b>
Puente Ecológico	ND	9,50	7,49
Puente Miraflores	2,50	7,99	6,49
Puente Portete	2,00	5,00	4,00
2° Puente Perimetral	1,49	3,50	5,49
Fertisa	ND	6,50	3,99

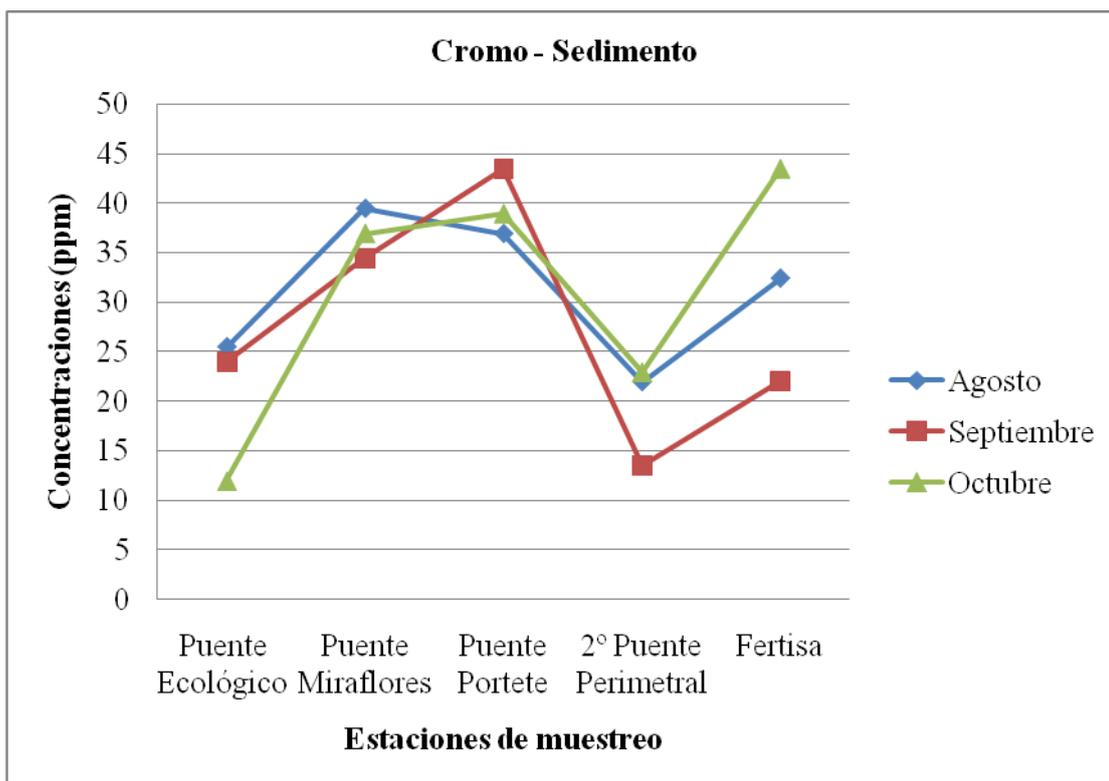


**Figura 48. Concentración de Cadmio en muestra de sedimento en el estero salado durante los meses Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.**

Durante la época de muestreo el Cromo presentó concentraciones muy elevadas valores de 43,47 ppm en el mes de Septiembre en la estación de Puente Portete y la más baja fue de 11,99 ppm en la estación Puente Ecológico en el mes de Octubre, como se muestra en el Tabla 7 y Figura 49.

**Tabla 7. Concentración de Cromo en muestra de sedimento en el estero salado durante los meses Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.**

<b>CROMO - SEDIMENTO (ppm)</b>			
<b>Estación</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SEPTIEMBRE</b>	<b>OCTUBRE</b>
Puente Ecológico	25,48	23,99	11,99
Puente Miraflores	39,48	34,43	36,93
Puente Portete	36,94	43,47	38,94
2º Puente Perimetral	21,95	13,49	22,96
Fertisa	32,42	22,00	43,44

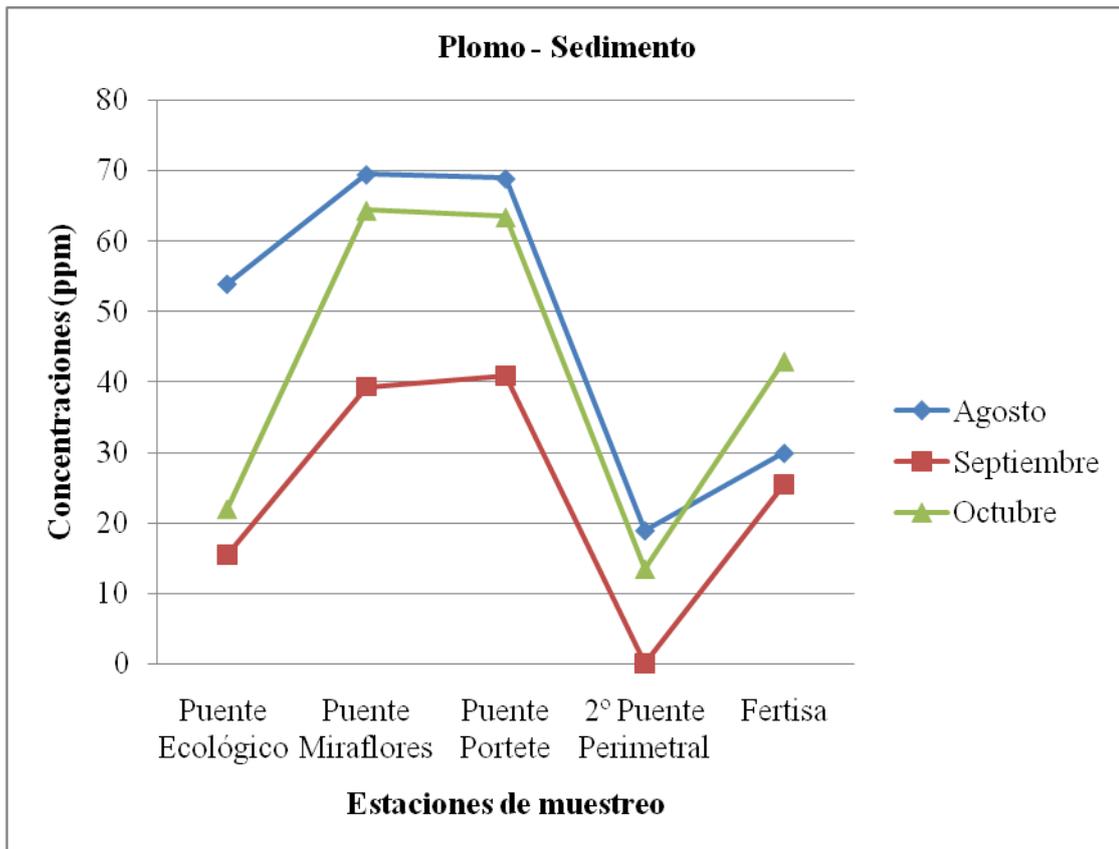


**Figura 49. Concentración de Cromo en muestra de sedimento en el estero salado durante los meses Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.**

El plomo presentó en el mes de agosto valores muy altos de 69,47 ppm en la estación de Puente Miraflores mientras que en el mes de Septiembre en la estación 2° Puente Perimetral la concentración más baja fue de 13,47 ppm, obsérvese en el Tabla 8 y Figura 50.

**Tabla 8. Concentración de Plomo en muestra de sedimento en el estero salado durante los meses Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.**

<b>PLOMO - SEDIMENTO (ppm)</b>			
<b>Estación</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SEPTIEMBRE</b>	<b>OCTUBRE</b>
Puente Ecológico	53,94	15,49	21,97
Puente Miraflores	69,47	39,42	64,38
Puente Portete	68,89	40,97	63,41
2° Puente Perimetral	18,95	ND	13,47
Fertisa	29,93	25,49	42,94



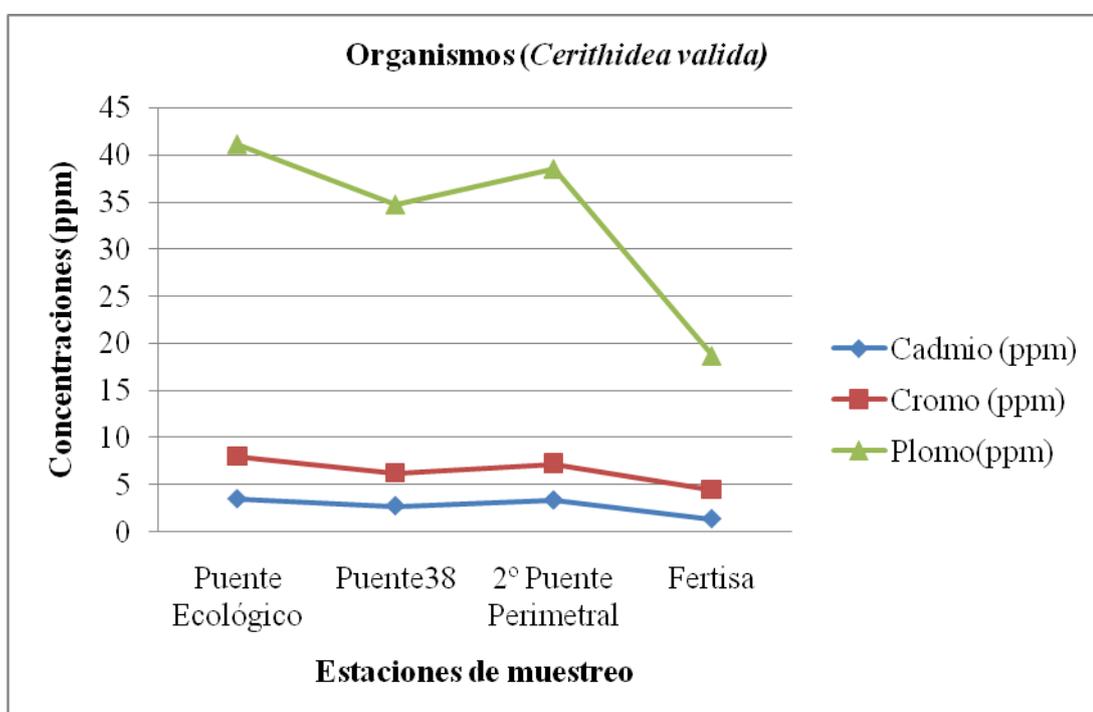
**Figura 50. Concentración de Plomo en muestra de sedimento en el estero salado durante los meses Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.**

### 5.3 Organismos

Adicionalmente se tomaron muestras de gasterópodos *Cerithidea valida* para determinar si estos metales afectaban a dichos organismos y por consiguiente a la cadena trófica, los organismos colectados en el mes de Octubre presentaron concentraciones de 41,08 ppm en Plomo en la estación Puente Ecológico, para Cadmio se presentó el valor más bajo de 1,37 ppm en la estación Fertisa Tabla 9 y Figura 51. Correspondiente al muestreo no se hallaron dichos organismos en la estación de Puente Miraflores.

**Tabla 9. Concentración de Cadmio, Cromo, Plomo en muestra de organismo (*Cerithidea valida*) en el estero salado durante el mes de Octubre del 2010.**

<i>Estación</i>	<i>Cadmio (ppm)</i>	<i>Cromo (ppm)</i>	<i>Plomo(ppm)</i>
<b>Puente Ecológico</b>	3,50	7,99	41,08
<b>Puente38</b>	2,75	6,25	34,72
<b>2° Puente Perimetral</b>	3,37	7,25	38,48
<b>Fertisa</b>	1,37	4,50	18,73



**Figura 51. Concentración de Cadmio, Cromo, Plomo en muestra de organismo (*Cerithidea valida*) en el estero salado durante el mes de Octubre del 2010.**

#### **5.4 Parámetros físico – químico**

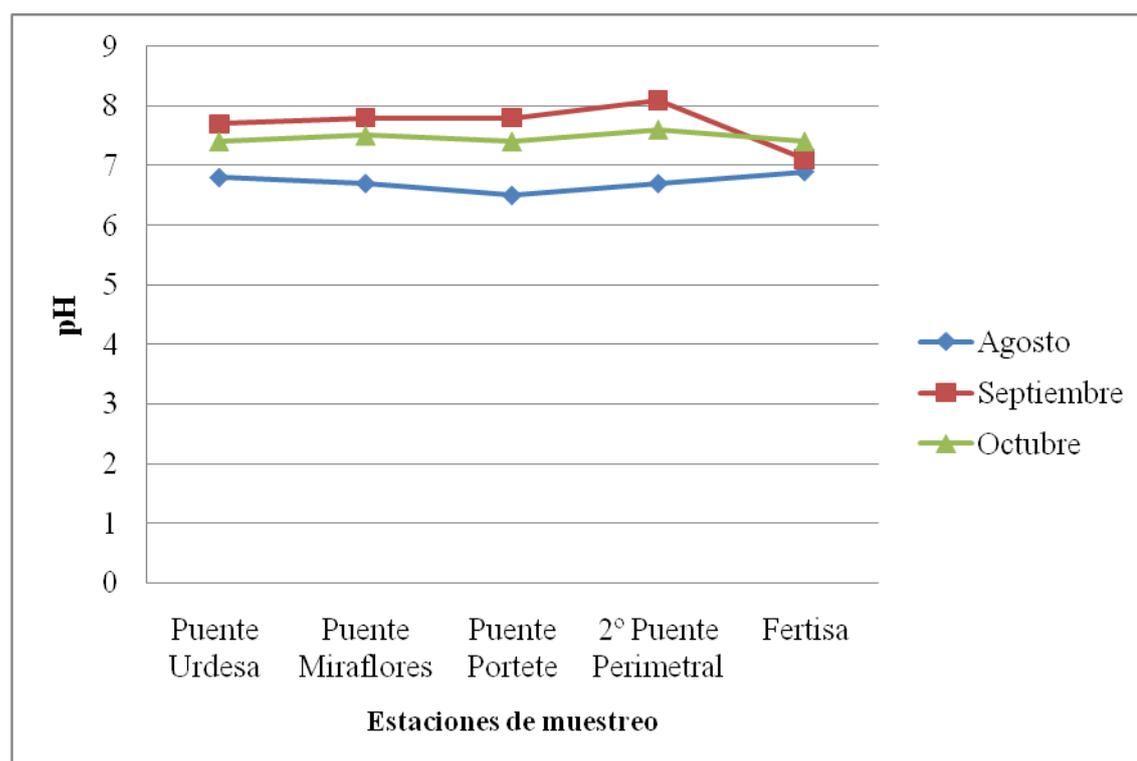
##### **5.4.1 Potencial de Hidrogeno (pH)**

El potencial ión hidrógeno es un parámetro importante en la calidad de aguas naturales. El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógenos en el agua. El pH presentó un rango entre 6,5 a 8,1, siendo la estación Puente Portete con el valor más bajo en pH en el mes de Agosto pero también el mes con menor pH dentro de los demás

meses muestreados, mientras que en el mes de Septiembre se presentó el pH más alto en todas las estaciones a diferencia de los demás meses a excepción de la estación 2° Puente perimetral que fue el de mayor valor 8,1 presentados en el Tabla 10 y Figura 52.

**Tabla 10. Valores del pH del agua en los meses de Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.**

<i>Estación</i>	<i>Agosto</i>	<i>Septiembre</i>	<i>Octubre</i>
<b>Puente Urdesa</b>	6,8	7,7	7,4
<b>Puente Miraflores</b>	6,7	7,8	7,5
<b>Puente Portete</b>	6,5	7,8	7,4
<b>2° Puente Perimetral</b>	6,7	8,1	7,6
<b>Fertisa</b>	6,9	7,1	7,4



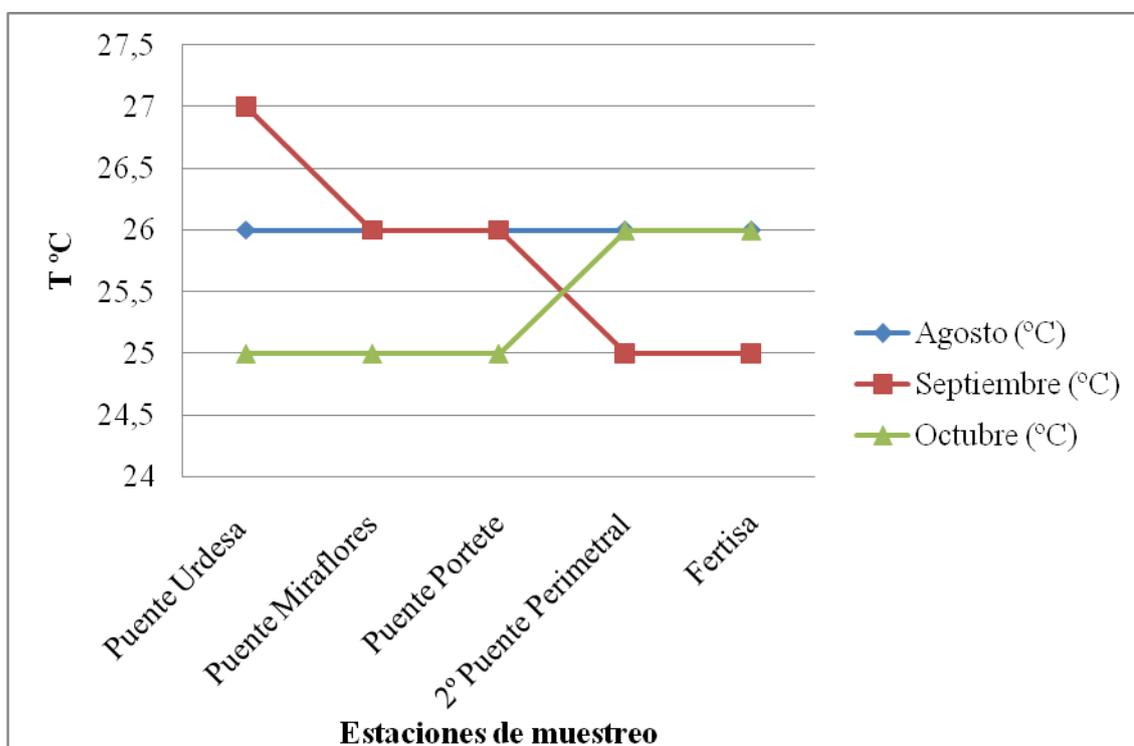
**Figura 52. Valores del pH del agua en los meses de Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.**

### 5.4.2 Temperatura

La temperatura en las aguas es muy importante por su efecto en otras propiedades, por ejemplo la aceleración de reacciones químicas, la reducción de la solubilidad de los gases, intensidad de sabores y olores. La temperatura presentó un promedio de 26°C, siendo la estación Puente Ecológico la que presentó la temperatura más elevada con 27°C resumidos en la Tabla 11 y Figura 53.

**Tabla 11. Valores de la Temperatura del agua en los meses de Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.**

<i>Estación</i>	<i>Agosto (°C)</i>	<i>Septiembre (°C)</i>	<i>Octubre (°C)</i>
<b>Puente Urdesa</b>	26	27	25
<b>Puente Miraflores</b>	26	26	25
<b>Puente Portete</b>	26	26	25
<b>2° Puente Perimetral</b>	26	25	26
<b>Fertisa</b>	26	25	26



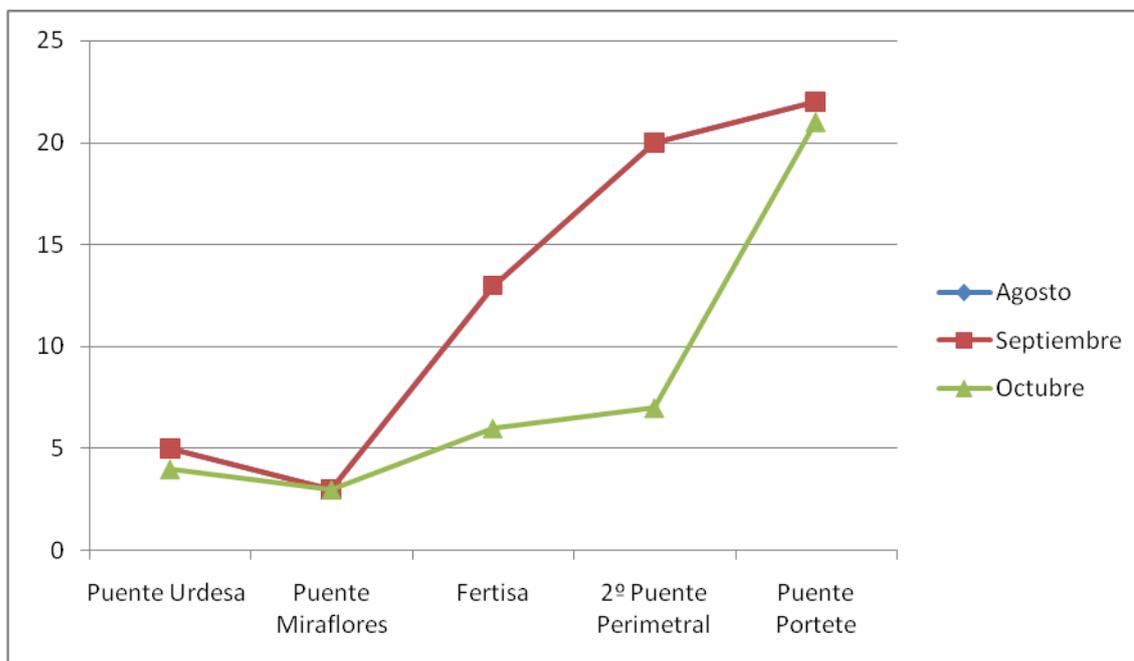
**Figura 53. Valores de la Temperatura del agua en los meses de Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.**

### 5.4.3 Salinidad

La salinidad es el contenido de sal disuelta en un cuerpo de agua. La salinidad de las aguas influye en la distribución de los organismos. En los tres meses muestreados la salinidad más alta fueron en las estaciones de Puente Portete, 2º Puente Perimetral, Fertisa con un valor entre 6 – 22, mientras que las más bajas fueron en Puente Urdesa y Puente Miraflores con valores entre 5 – 3 descritos en el Tabla 12 y Figura 54, se intercambio el orden de las estaciones por las bajas concentraciones obtenidas en la estación de Fertisa.

**Tabla 12. Valores de la Salinidad durante los meses de Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.**

	<i>Agosto</i>	<i>Septiembre</i>	<i>Octubre</i>
<b>Puente Urdesa</b>	5	5	4
<b>Puente Miraflores</b>	3	3	3
<b>Fertisa</b>	13	13	6
<b>2º Puente Perimetral</b>	20	20	7
<b>Puente Portete</b>	22	22	21



**Figura 54. Valores de la Salinidad durante los meses de Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.**

## 6. DISCUSIÓN

Al comparar la normativa ambiental vigente en el Ecuador<sup>1</sup> que establece los criterios de calidad admisible para la preservación de la flora y fauna en agua dulces, fría o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios (Norma de Calidad Ambiental y de descargas de efluentes: Recurso Agua, Libro VI anexo 1) con los resultados obtenidos en los análisis de agua se encontró que durante el mes de septiembre en todas las estaciones de muestreos se obtuvo niveles que sobrepasan los establecidos en la norma debido a que en este mes fueron reportadas las más altas concentraciones de los parámetros físicos que influye en los comportamiento de los metales como Cadmio y Plomo en este tipo de ecosistema, mientras que el Cromo fue el único que se mantuvo dentro de la normativa.

El pH es uno de los factores esenciales en la concentración de los metales ya que la solubilidad de Cadmio y Plomo aumenta en medios ácidos (<sup>51</sup>María D. Moreno, 2003). En este estudio la influencia del pH no fue representativa ya que las concentraciones de los metales existentes en cada una de las matrices fueron diferentes y totalmente independientes a las del pH debiéndose tal vez a otros factores físico químico y biológico.

Debido a que Ecuador no cuenta con normativa ambiental para sedimentos y organismos acuáticos, se recurrió a normas internacionales como la <sup>52</sup>Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic life (Canadian Environmental Quality Guidelines, 1999) en los que se establecen las siguientes concentraciones: para Cadmio, 0,676 ppm; Cromo 52,3 ppm y Plomo 30,2 ppm.

Las concentraciones de Cadmio encontradas en los sedimentos estuvieron en el rango de 1,49 ppm a 9,5 ppm; en el mes de agosto en la estación 2° Puente Perimetral y el mes de Septiembre en el Puente Ecológico respectivamente excediendo en todas las estaciones los límites permisibles según la normativa de Canadá. En nuestro estudio se encontró mayores concentraciones de Cadmio que los reportados por <sup>53</sup>Cárdenas, M. (2010), en

---

<sup>1</sup> Texto Unificado de Legislación Secundaria Medio Ambiental (TULSMA)

el mismo sector lo que denotaría un notable incremento en las concentraciones de este metal en los sedimentos.

Para Plomo detectó valores de 37,82 ppm en la estación Miraflores durante el mes de noviembre del 2009 y en este mismo sector, este estudio reporta concentraciones de 69,47 – 39,42 y 64,38 ppm confirmándose, la problemática ambiental que el área afronta.

Las altas concentraciones de Plomo encontradas en la mayor parte del área de investigación podría deberse a que en esta área se encuentran asentadas una cantidad significativa de industrias que descargan sus desechos líquidos al estero, la mayoría de las veces sin previo tratamiento, causando el incremento de las concentraciones de los metales y deteriorando el hábitat de los diversos organismo que en este habitan.

En el estudio realizado por <sup>54</sup>Mero, M. (2010) en cuatro esteros del Golfo de Guayaquil encontró concentraciones de 0,01 a 0,04 ppm de Cd en agua y de 0,05 a 0,15 ppm de Pb en agua, mientras que los sedimentos presentaron concentraciones de 1,82 y 11,55 ppm para Cd y Pb respectivamente lo que demuestra que las aguas del estero salado presenta menor concentración de estos elementos lo contrario ocurre con los sedimentos que en este caso es donde se acumulan los metales siguiendo su curso e incorporándose en la cadena trófica.

En lo referente a los gasterópodos (*Cerithidea valida*) debido a su hábitat y forma de alimentación estos organismos presentan una similitud significativa con las concentraciones de los sedimento ya que estos son filtradores y acumulan en su interior estos metales.

En un bioensayo realizado por <sup>55</sup>Piansiri y Boonchamoi (2008) en una especie de caracol de agua dulce (*Filopaludina martensi martensi*), encontrándose que este presentó una mayor acumulación de metales durante la época de verano ya que durante la temporada de lluvias estos organismos presentan una mejor eliminación de estos metales ayudado por la dilución que sufren estos en el medio ambiente. Mientras que en

(*Cerithidea valida*) en la época seca también se observó una concentración considerable por acción de la contaminación del medio.

<sup>56</sup>Altug y Güler (2002) tomaron muestras de caracoles (*Rapana venenosa*) en el norte de la costa de Marmara encontrando niveles de metales pesados que oscila entre 0,52 – 1,25 ppm para Pb y de ND – 0,08 ppm de Cd, en comparación con los niveles detectados en los caracoles (*Cerithidea valida*) colectados en el estero salado que nos muestran concentraciones que oscilan entre 18,73 - 41,08 ppm para Pb y 1,37 – 3,50 ppm para Cd, podemos notar el estado de contaminación en que se encuentra el estuario. Los estudios de <sup>57</sup>Davies *et. al.*, (2006) mostraron que el sedimento concentra más metales que el agua, mientras que los caracoles acumulan más de estos metales que el sedimento. El factor de concentración biológica revelo que los caracoles tienen un alto potencial para concentrar metales pesados en sus conchas y tejidos blandos siendo directamente proporcional a su tamaño.

Los valores obtenidos muestran que el área de estudio está expuesta a una contaminación constante no solo por la actividad industrial de empresas que se encuentran a los alrededores de los puntos de muestreos como son: Insumos Agropecuarios, Fábricas de Acero, Talleres de mecánicas, Gasolineras, Centros de estéticas, Centros comerciales, Laboratorios químicos, Fabrica de Andec, Fertisa entre otras, sino también por los asentamientos poblacionales a orillas del estero que arrojan sus desechos (pilas de radio, reloj, etc) directamente en este y al transporte fluvial que transita en él, incluyendo embarcaciones ancladas con derrames de gasolina en la orilla del estero. De esta manera incrementa las concentraciones de estos metales en el área quedando expuesto no solo los organismos que en este habitan sino también toda la comunidad.

## 7. CONCLUSION

Las concentraciones de Cd y Pb en el agua sobrepasan los límites permisibles establecidos en la normativa (Norma de Calidad Ambiental y de descargas de efluentes: Recurso Agua, Libro VI anexo 1), el Cr presentó valores que se encuentran dentro de la normativa ambiental, esto no significa que el área de estudio no esté afectada ya que la sola presencia de estos metales en cualquier sustrato u organismo tiene significancia ambiental y ecológica.

En los gasterópodos (*Cerithidea valida*) las concentraciones para plomo en toda el área de estudio fueron considerablemente elevadas siendo la más alta de 41.08 ppm en el Puente Ecológico los niveles más bajos fueron para el Cadmio con 1.37 ppm en Fertisa. Las concentraciones de metales encontradas en (*Cerithidea valida*) pueden poner en riesgo a la especie, así como también a otras especies existentes en el área. Este riesgo potencial podría afectar también a la población que consume especies de interés comercial capturadas en el área.

Los niveles de metales encontrados en este estudio pueden afectar el ecosistema a largo plazo si no se mantiene o se establece un control permanente al cumplimiento de la normativa ambiental vigente.

## **8. RECOMENDACIONES**

- Es de prioridad que las autoridades competentes se preocupen y le den la importancia necesaria a la problemática medioambiental que presenta este ecosistema, debe existir un programa perenne en la ciudad para que permita tener regulaciones medioambientales.
- Este plan de monitoreo permitirá a las autoridades competentes penalizar a los infractores con los datos obtenidos a través de los datos de los monitoreos que permitan establecer normas ambientales constitucionales vigentes.
- Los gobiernos zonales a través de estos resultados impulsar la socialización en los sectores afectados para que de esta forma tomen conciencia para establecer un manejo adecuado de los desechos.
- Que personal técnico capacitado imparta charlas y talleres a las familias habitantes de los sectores para que de esta manera tomen conciencia y tengan un manejo adecuado de sus desechos.
- Intensificar los controles de las descargas de aguas residuales vertidas hacia el estero por parte del sector público y privado empresarial.
- Que se realicen programas de biorremediación a lo largo del Estero Salado que nos permitan recuperar el equilibrio de este importante ecosistema para evitar la pérdida de hábitats y de especies representativas del lugar.
- Se debe realizar un muestreo integrado tanto de sedimento, pH y materia orgánica para una mejor determinación de los metales pesados.
- Realizar un análisis que demuestre si la variación en las concentraciones de pH es una reacción normal del ecosistema o es influenciada por factores antropogénicos.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- <sup>16</sup>Adriano, D. 1986. Trace Elements in the Terrestrial Enviroment. Springenr – Verlang. New York 533pp.
- <sup>29</sup>Adams. C.B. 1852. World Register of Marine Species. WoRMS.
- <sup>39</sup>Arcos V. y R. Castro. 2005. Metales pesados en agua, sedimentos y organismos. Revista de Ciencias Naturales y Ambientales, V. 1 N° 1: pg. 103 – 120.
- <sup>25</sup>Balls, P., Lasslett, R.& Price, N. 1994. Nutrient and trace metal distributions over a complete semi- diurnal tidal cycle in Forth estuari, Scotland. Neth. J. of Sea. Res., 33(1): 1-17.
- <sup>45</sup>CAAM.1996. Desarrollo y Problemática Ambiental del Área del Golfo de Guayaquil.326p.
- <sup>45</sup>CAAM. 1996. Sistemas Biofísicos en el Golfo de Guayaquil. Circulación del Agua. 61p.
- <sup>52</sup>Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life.1999. SUMMARY TABLES Update 2002.
- <sup>38</sup>Calidad de agua en el tramo A del Estero Salado, M. I. Municipalidad de Guayaquil, Dirección de Medio Ambiente.
- <sup>53</sup>Cárdenas, M. 2010. Efecto de la contaminación Hidrocarburífica sobre la estructura comunitaria de macroinvertebrados bentónicos presentes en el sedimento del Estero Salado, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, Maestría en Ciencias Manejo sustentable de recursos Bioacuáticos y Medio Ambiente.
- <sup>5</sup>Castañé PM, Topalián ML, Cordero R and Salibián A. 2003. Influencia de la especiación de los metales pesados en medio acuático como determinante de su toxicidad. Rev Toxicol 20:13-18.
- <sup>47</sup>Consulambiente Cía Ltda, 2007. Plan de Manejo de la Reserva de Producción Faunística Manglares el Salado. Elaborado para la Municipalidad de Guayaquil.150p.
- <sup>10</sup>Clark, R.B.; Marine Pollution, 1992, 3rd ed., Clarendon Press, Oxford.
- <sup>40</sup>Cruz, M. 1981. Distribución y migraciones verticales del zooplancton en el Golfo de Guayaquil. Revista de Ciencias del Mar y Limnología. 1(1): 9-35.

- <sup>18</sup>David, J & Phillips, H. 1995. The chemistreis environmental fates of trace metals and organochlorines in aquatic ecosystems. *Mar. Poll.*, 31 (12): 4-12.
- <sup>57</sup>Davies O. A., Allison M.E and Uyi, H. S. 2006. Bioaccumulation of heavy metals in water, sediment and periwinkle (*Tympanotonus fuscatus* var *radula*) from the Elechi Creek, Niger Delta. *African Journal of Biotechnology* Vol. 5 (10), pp. 968-973.
- <sup>33</sup>EMAG. 1978. Recuperación del Estero Salado Plan de Trabajo. Empresa Municipal Alcantarillado de Guayaquil. Guayaquil.43p.
- <sup>23</sup>Elbaz-Poulichet, F., Garnier, J., Guan, M., Martin, J & Thomas, A. 1996. The conservative behavior of trace metals (Cd, Cu, Ni and Pb) and as in the surface plume stratified estuaries: Example of the Rhone River (France). *Estuar. Coast. and Shelf. Sci.*, 42: 280-310.
- <sup>31</sup>Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y selección de la mejor alternativa del Plan Integral de la Recuperación del Estero Salado (PIRES), 2000. M.I Municipalidad de Guayaquil – Lahmeyer Cimentaciones consorcio alemán-ecuatoriano.
- <sup>56</sup>G. Altug, N. Güler. 2002. Determination of the Levels of Indicator Bacteria, *Salmonella* spp. And Heavy Metals in Sea Snails (*Rapana venosa*) from the Northern Marmara Sea, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 2: 141-14.
- <sup>41</sup>Guzmán, R., R. Repelin, M. Luzuriaga, D. Hinojosa y M. E. Villarroel. 1991. Estudio ecológico del mesoplancton del Golfo de Guayaquil, abundancia, ciclos nictamerales y relaciones entre el estuario del Rio Guayas y el Océano. *Boletín Científico Técnico* 4 (2): 1-27.
- <sup>7</sup>Harsdted, R. & Laumond, R. 1980. Zinc, Cooper and cadmium in zooplankton from the N. W. Mediterranean. *Mar. Poll. Bull.*, 11: (5): 133-138.
- <sup>37</sup>Informe Técnico de la Calidad de Agua y de descargas al Estero Salado, 2009. M. I. Municipalidad de Guayaquil, Dirección de Medio Ambiente.
- <sup>24</sup>León, I. 1995. Comportamiento y Distribución de los metales pesados (Fe, Cu, Cd, Mn, Cr, Ni, Zn y Pb) en la Cuenca Baja y Pluma del Rio Manzanares (Cumaná – Venezuela). Trabajo de grado M.S en Ciencias Marinas. Instituto de Oceanografía de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 214 pp.

- <sup>51</sup>María D. Moreno, 2003. Toxicología Ambiental, “Evaluación de Riesgo para la salud humana”. Ed. Antonio García Grau, Mc Graw - Hill/ Interamericana de España S.A.V; pag. 203 – 225.
- <sup>54</sup>Mariuxi Mero V, 2010. Determinación de metales pesados (Cd y Pb) en Moluscos Bivalvos de interés comercial de cuatro esteros del golfo de Guayaquil, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, Maestría en Ciencias Manejo sustentable de recursos Bioacuáticos y Medio Ambiente.
- <sup>15</sup>Mas, A.; Arola, L. (1993) "Conceptos generales del metabolismo de metales". En: Metales en sistemas biológicos. Mas, A.; Azcue, J. (Ed). Promociones y Publicaciones Universitarias, S.A., Barcelona.
- <sup>4</sup>Martínez-Tabche L, Gómez-Oliván L, Martínez M, Castillo C and Santiago A (2000). Toxicity of nickel in artificial sediment on acetylcholinesterase activity and hemoglobin concentration of the aquatic flea, *Moina macrocopa*. Journal of Environmenta Hidrology 8(4):1-10.
- <sup>49</sup>Manual Perkin Elmer Atomic Absorption Spectroscopy. Methods for water and wastewater Ed. 21.
- <sup>20</sup>Miskiewicz, A. & Gibbs, P. 1994. Organochlorine pesticides and hexachlobenzene in tissues of fish and invertebrates caught near a sewage out fall. Environ. Poll., 84 (3): 269-278.
- <sup>1</sup>Morse, J.; Presley, B.; Taylor, R.; Benoit, G & Santschi, P. 1993. Trace metal chemistry of Galveston Bay: water, sediments and biota. Mar. Envir. Res., 36: 1-37.
- <sup>9</sup>Pain, DJ. 1995. "Lead in the Environment", cap 16 del libro "Handbook of Ecotoxicology" aut. David J. Hoffman, Barnett A. Rattner, G. Allen Burton, Jr y John Cairns, Jr. CRC press, Inc.
- <sup>43</sup>Peribonio, R. De. 1981. Distribución de clorofila “a” y feopigmentos en el Golfo de Guayaquil. Revista de Ciencias del Mar y Limnología. 1 (1): 1-7.
- <sup>55</sup>Piansiri P. y P. Boonchamoi. 2008. Comparative toxicity of mercury and cadmium to the juvenile freshwater snail, *Filopaludina martensi martensi*. ScienceAsia 34: 367–370.
- <sup>35</sup>Pizarro, A y F. Medina. 1991.Evaluación de la contaminación en un ramal del Estero Salado (Puente 5 de Junio Puerto Marítimo) en base a la Demanda

Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), calculada por el método manométrico 1990. Revista Tecnológica ESPOL.

- <sup>2</sup>Rainbow, P. 1993. The significance the trace metal concentration in marine invertebrates. In *Ecotoxicology of metals in invertebrates*. Lewis Publisher. Boca Raton. F.L. 3 -23pp.
- <sup>3</sup>Rainbow, P. 1995. Biomonitoring of heavy metal availability in the marine environment. *Mar. Poll. Bull* 31 (4 – 12): 183 -192.
- <sup>36</sup>Realpe *et al.*; 1999. Factores contaminantes del Estero Salado tramo Puente de Urdesa – Puente del Policentro, Universidad de Guayaquil – Facultad de Ciencias Naturales.
- <sup>27</sup>Roesijadi, G. 1986. Mercury-binding proteins from the marine mussel, *Mytilus edulis*. *Environmental Health Perspectives* 65:45–8.
- <sup>6</sup>Rubio *et al.*; 1996. Interpretación de tendencias históricas de contaminación por metales pesados testigos de sedimento de la Ría de Pontevedra *Thalassas* 12:137-152.
- <sup>17</sup>Sadid, M. 1992. *Toxic Metal Chemistry in Marine Environments*. Pergamon Press. Gran Bretaña. 389 pp.
- <sup>22</sup>Schneider, P & Davey, S. 1995. Sediment contaminants of the coast of Sydney, Australia: A model for their distribution *Mar. Poll. Bull.*, 31 (4-12): 262-272.
- <sup>11</sup>Schulz-Baldes, M; Rehm, E; Prause, B. 1983. "The impact of complexed heavy metals upon a wadden sea environment as tested by field experiments with the Bremerhaven caisson". *Water Sci Technol* 18 (4-5): 346.
- <sup>46</sup>Stevenson, M. 1981. Variaciones estacionales en el Golfo de Guayaquil, un estuario tropical. *Bol. Cient. Téc., Instituto Nacional de Pesca (INP)*, Vol. IV, No. 1. 1-133 p.
- <sup>48</sup>Solórzano, L. Método de análisis químico utilizado en el curso latinoamericano de post-grado "Instrumentación y análisis químico de Agentes Contaminantes en el Mar, Instituto Nacional de Pesca, Boletín Científico y Técnico Vol. VII, N°1.
- <sup>8</sup>Tam, N. & Wong, Y. 1995. Spatial and temporal variations of heavy metal contamination in sediments of a Mangrove Swamp in Hong Kong *Mar. poll. Bull.*, 31 (4–12): 254-261.

- <sup>30</sup>Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria. (TULSMA) Tabla III “Libro VI. Anexo I. Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas en aguas marinas y de estuario.
- Thomas G. Spiro, William M. Stigliani. 2006 “Química medioambiental” 2ª edición pg. 438-458.
- <sup>26</sup>Torreblanca, A.; Díaz-Mayans, J.; Del Ramo, J. (1993) "Acumulación de metales". En: Metales en sistemas biológicos. Mas, A.; Azcue, J.M. (Ed). Promociones y Publicaciones Universitarias, S.A., Barcelona.
- <sup>44</sup>Twilley, R., W. Cárdenas, L. Solórzano, J. Espinoza and R. Suescum de. 1994. Preliminar report of patterns nutrients distribution in a river-dominated tropical estuary in Ecuador. *Limnology and Oceanography*, 37 pp.
- <sup>13</sup>USEPA (U.S. Environmental Protection Agency Office of Water Office of Science and Technology)"2000 Update of ambient water quality criteria for cadmium."EPA Contract No. 68-C-98-134 Work Assignment No. 1-11, Great Lakes Environmental Center Traverse City, Michigan 49686.
- <sup>28</sup>Viarengo, A., Pertica, M., Caneri, L., Biasi, F., Cecchini, G., and Orunesu, M. 1998. Effects of heavy metals on lipid peroxidation in mussel (Abst). *Mar. Environmental. Res.*, 24:352.
- <sup>14</sup>World Health Organization (WHO). 1992. "Environmental Health Criteria 135: Cadmium - Environmental Aspects pp 30".
- <sup>12</sup>World Health Organization Geneva (WHO). 1989. "Lead-Environmental Aspects". *Environmental Health Criteria* 85.
- <sup>19</sup>Zhang, J. 1995. Geochemistry of trace metals Chinese rivers/ estuary systems. *Estuaries. Coast. and Sci.*, 41: 631-658.

## 10. GLOSARIO

- **APDC:** pirrolidina ditio-carbomato de amonio
- **Bioacumulación:** Captación y asimilación de contaminantes como hidrocarburos, metales pesados que ingresan por diversa vías a la parte constitutiva de los seres bióticos.
- **Biodisponibilidad:** Es la fracción ingestada de un nutriente que es disponible para el cuerpo. Es decir, que se refiere al porcentaje de los compuestos que el cuerpo consume que pueda digerir, asimilar y utilizar en sus funciones biológicas normales.
- **Biomagnificación:** Proceso mediante el cual circulan y se van acumulando a lo largo de la cadena trófica una serie de sustancias tóxicas, las cuales pueden alcanzar concentraciones muy elevadas en un determinado nivel trófico.
- **Ecotoxicológica:** Estudia el destino y los efectos de los contaminantes en los ecosistemas, intentando explicar las causas y prever los *riesgos* probables. La ecotoxicología retrospectiva se ocupa de confirmar si la sustancia produce daños en el ecosistema.
- **Espectrofotometría:** Procedimiento de medición fotométrica de la gama de longitudes de ondas de energía radiante absorbidas por una muestra objeto de análisis; pueden ser luz visible, luz ultravioleta o rayos X.
- **LMP:** Límite Máximo Permisible.
- **ND:** Valor no Detectable.
- **Metaloproteína:** Es un término genérico para una proteína que contiene un ion metálico como cofactor. Las funciones de las metaloproteínas son muy variadas en las células, actuando como enzimas, proteínas de transporte y almacenamiento, y en la transducción de señales.
- **Metales pesados:** Metales de número atómico elevado, como cadmio, cobre, plomo, hierro, níquel, mercurio, zinc entre otros que son tóxicos en concentraciones reducidas y tienden a la bioacumulación.
- **Toxicología:** Es una medida usada para medir el grado tóxico o venenoso de algunos elementos. Este puede ser orgánico o inorgánico. Entre las inorgánicas podemos considerar el plomo, los metales pesados, ácido fluorhídrico y gas de cloro.

## 11. ANEXOS

### Área de Estudio



**Fig. 3.- Fábrica de Fertilizantes Fertisa**



**Fig. 4.- Asentamientos poblacionales**



**Fig. 5.- Desechos urbanos**



**Fig. 7.- Material de construcción**



**Fig. 8.- Embarcaciones fluviales**



**Fig. 10.- Presencia de manglar**



**Fig. 11 y 12.- Mantenimiento de embarcaciones fluviales**



**Fig. 14 y 15.- Residencias y descargas al Estero**



**Fig. 16.- Presencia de manglar**



**Fig. 18.- Descarga de aguas residuales**



**Fig. 19.- Área de manglar**

### **TOMA DE MUESTRAS**



**Fig. 20.- Toma de muestra de agua descargas al Estero**



**Fig. 21.- Toma de muestra de sedimento**



**Fig. 22.- Toma de muestra de organismos**



**Fig. 23.- Colección total de muestras**



**Fig. 24.- Toma de temperatura**



**Fig. 25.- Coordenadas geográficas**

### **Análisis en laboratorio**

#### **Agua**



**Fig. 26.- Acidificación de las muestras**



**Fig. 27.- Filtración**



**Fig. 28.- Colocación de soluciones**



**Fig. 29.- Muestras preparadas**

**Sedimento**



**Fig. 30.- Secado al ambiente**



**Fig. 31.- Molienda**



**Fig. 32.- Tamizado**



**Fig. 33.- Muestras en capsula de porcelana**



**Fig. 34.- Secado en la estufa**



**Fig. 35.- Verificación de peso**



**Fig. 36.- Pesado**



**Fig. 37.- Colocación de  $\text{NO}_3\text{H}$**



**Fig. 38.- Baño de María**



**Fig. 39.- Filtrado**



**Fig. 40.- Muestras preparadas**

**Organismos (*Cerithidea valida*)**



**Fig. 41.- Triturado**



**Fig. 42.- Digestión**



**Fig. 43.- Muestras preparadas**



**Fig. 44.- Lectura de Agua, Sedimento y Organismos en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica**