



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE BIOLOGÍA

**Tesis de Grado presentada como requisito para la obtención del Título de
Biólogo**

**“CUANTIFICACIÓN DE CADMIO, PLOMO Y NÍQUEL EN AGUA
SUPERFICIAL, SEDIMENTO Y ORGANISMO (*Mytella guyanensis*) EN LOS
PUENTES PORTETE Y 5 DE JUNIO DEL ESTERO SALADO (GUAYAQUIL)”**

Florencia Aurora Rodríguez Banguera

GUAYAQUIL-ECUADOR

2013

©DERECHO DE AUTOR

FLORENCIA AURORA RODRÍGUEZ BANGUERA

2013

DIRECTOR DE TESIS

Q.F. VICTOR ARCOS COBOS

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE BIOLOGÍA

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**“CUANTIFICACIÓN DE CADMIO, PLOMO Y NÍQUEL EN AGUA
SUPERFICIAL, SEDIMENTO Y ORGANISMO (*Mytella guyanensis*) EN LOS
PUENTES PORTETE Y 5 DE JUNIO DEL ESTERO SALADO (GUAYAQUIL)”**

FLORENCIA AURORA RODRÍGUEZ BANGUERA

BLGA. MIRELLA CADENA INFANTE _____

Presidente del tribunal

M.Sc. ELBA MORA SANCHEZ

Miembro del tribunal _____

M.Sc. GUILLERMO BAÑOS CRUZ

Miembro del tribunal _____

ABG. JORGE SOLORZANO CABEZAS _____

Secretario de la Facultad

Guayaquil Febrero 2013

I. DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis padres el Sr. Armando Rodríguez y la Sra. Florinda Banguera quienes con esfuerzo, amor y dedicación me ayudaron a alcanzar mis metas. Su apoyo incondicional y sacrificio fueron mi mayor inspiración para continuar mis estudios.

A mis hermanos Fannis y José Luis que sin su cariño y apoyo no hubiese sido posible culminar mis estudios.

II. AGRADECIMIENTOS

Principalmente a Dios por darme vida, por guiar mis pasos a lo largo de mi carrera y por llenarme de fortaleza cuando creí desfallecer.

A mis padres por su amor comprensión, paciencia y apoyo incondicional en todo momento.

A las autoridades de la Facultad de Ciencias Naturales por permitirme desarrollar la presente Investigación en el Laboratorio de Espectrofotometría del Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales de la Universidad de Guayaquil.

Mi eterna gratitud al Químico Víctor Arcos Cobos y a la M.Sc. Mariuxi Mero Valarezo por su inmensa paciencia, asesoramiento y por compartir conmigo sus conocimientos durante el desarrollo de mi investigación.

A Marlon Rodríguez por su apoyo, comprensión y amor que me permitieron seguir adelante en los momentos más difíciles.

A mis compañeros y amigos David Jiménez y Luis Siguencia por la ayuda brindada al momento de realizar los muestreos, y a todas aquellas personas quienes de una u otra manera contribuyeron con la realización de esta tesis.

III. ÍNDICE

CONTENIDO	Pág.
I. DEDICATORIA.....	V
II. AGRADECIMIENTOS	VI
III. ÍNDICE	VII
RESUMEN	X
ABSTRACT	XII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 METALES EN MEDIO ACUÁTICO.....	2
1.2 CADMIO	3
1.2.1 Efectos del cadmio en el medio ambiente	4
1.2.2 Efectos del cadmio en la salud	4
1.3 NÍQUEL	5
1.3.1 Efectos del níquel en la salud.....	5
1.4 PLOMO	6
1.4.1 Efectos del plomo en el medio ambiente	6
1.4.2 Efectos del plomo en la salud.....	7
1.5 METALES PESADOS EN ORGANISMOS ACUÁTICOS.....	7
1.6 CARACTERIZACIÓN DE LOS MOLUSCOS (MYTELLA GUYANENSIS)	8
2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.....	11
3. HIPÓTESIS.....	16
4. OBJETIVOS	16
4.1 OBJETIVO GENERAL	16
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
5. ÁREA DE ESTUDIO.....	17
5.1. GENERALIDADES DEL ESTERO SALADO DE GUAYAQUIL.....	17

5.2.	UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO	18
6.	MATERIALES Y MÉTODOS	20
6.1.	METODOLOGÍA	20
6.1.1.	Toma de muestras.....	20
6.1.2.	Análisis en el Laboratorio	20
6.1.3.	Análisis de agua	20
6.2.	ANÁLISIS DE SEDIMENTOS	21
6.2.1.	Secado	21
6.2.2	Disgregación y tamizado	22
6.2.3	Digestión	22
6.3.	ANÁLISIS DE ORGANISMOS.....	22
6.4.	CONTROL DE CALIDAD	23
6.5.	CURVAS DE CALIBRACIÓN	23
6.6.	LECTURA DE LAS MUESTRAS	24
6.7.	TRATAMIENTO DE DATOS	24
6.8.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS	25
7.	RESULTADOS	26
7.1.	AGUA	26
7.2.	SEDIMENTO.....	28
7.3.	ORGANISMO (MYTELLA GUYANENSIS).....	30
7.4.	PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	32
7.4.1	Potencial de hidrogeno (pH).....	32
7.4.2	Salinidad	32
8.	DISCUSIÓN.....	33
9.	CONCLUSIONES.....	37
10.	RECOMENDACIONES	38

11. BIBLIOGRAFIA.....	39
12. GLOSARIO.....	43
13. ANEXOS	45

RESUMEN

Se realizaron tres muestreos quincenales en los días 31 de Julio, 15 y 28 de Agosto del año 2012, en los Puentes Portete y 5 de Junio del Estero Salado de Guayaquil, para determinar las concentraciones de Cadmio (Cd), Níquel (Ni) y Plomo (Pb), por el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica en las matrices de agua superficial, sedimento y organismo (*Mytella guyanensis*), conocido vulgarmente como mejillón.

El nivel promedio de Cadmio en las muestras de agua superficial fue de 0,04 ppm; tanto en el Puente Portete como en el Puente 5 de Junio. Las concentraciones de níquel y plomo encontrados en las muestras de agua del Puente Portete fueron 0,14 ppm y 0,07 ppm, respectivamente; mientras que en el Puente 5 de Junio fueron 0,09 ppm para el plomo y 0,07 para el níquel.

En el sedimento, las concentraciones promedio de cadmio fueron de 6,44 ppm en el Puente Portete y 8,77 ppm en el Puente 5 de Junio de igual manera las concentraciones promedio de níquel fueron de 47,76 ppm en el Puente Portete y 64,67 ppm en el Puente 5 de Junio. El plomo presentó niveles promedios de 29,93 ppm en el Puente Portete y 230,08 ppm en el Puente 5 de Junio respectivamente, determinándose que el sedimento en el puente 5 de Junio se encuentra muy contaminado por los elementos estudiados, presentando gran diferencia en las concentraciones de plomo entre ambas estaciones.

Las concentraciones de metales en los organismos fueron en un promedio de 0,11 ppm y 0,22 ppm para cadmio, 1,92 y 1,50 ppm para níquel y 1,40 y 1,80 ppm para el plomo en los Puentes Portete y 5 de Junio, respectivamente. Se registró que los organismos con mayor concentración de cadmio y plomo fueron colectados en el Puente 5 de Junio y en el Puente Portete se colectaron

organismos con mayor concentración de plomo a diferencia del sedimento que presentó una mayor concentración de plomo en el Puente 5 de Junio. Según los valores encontrados en peso húmedo de los organismos la concentración promedio de cadmio halladas en estos se encuentran dentro de los límites máximos establecidos por la Comisión Europea (2006), mientras que el plomo supera los límites establecidos por esta Comisión, en cuanto al níquel no existe una concentración límite establecida para moluscos bivalvos.

Palabras claves: Cadmio, Níquel, plomo, mejillón, agua y sedimento.

ABSTRACT

Three samplings were conducted fortnightly on July 31, 15 and 28 August 2012, on bridges and 5 June Portete del Estero Salado in Guayaquil, to determine the concentrations of cadmium (Cd), Nickel (Ni) and lead (Pb), by the method of atomic absorption spectrophotometry in arrays of surface water, sediment and organisms (*Mytella guyanensis*), commonly known as mussels.

The average level of cadmium in surface water samples was 0,04 ppm, both the bridge and the bridge Portete June 5. The nickel and lead concentrations found in the water samples Portete Bridge were 0,14 ppm and 0,07 ppm, respectively, whereas in the Bridge on June 5 were 0,09 ppm for lead and 0,07 for nickel.

In the sediment, the average concentrations of cadmium were 6,44 ppm and 8,77 ppm Portete Bridge on June 5 Bridge just as average nickel concentrations were 47,76 ppm and 64,67 ppm Portete Bridge in Bridge 5 June. Lead showed average levels of 29.93 ppm and 230.08 ppm Portete Bridge on June 5 Bridge respectively, determined that the sediment on the bridge June 5 is highly contaminated by the elements studied, presenting huge difference in lead concentrations between the two stations.

Metal concentrations in organisms were an average of 0,11 ppm and 0,22 ppm for cadmium, 1,92 and 1,50 for nickel and 1,40 ppm and 1,80 ppm for lead in Portete Bridges and June 5, respectively. It was reported that organizations with higher concentrations of cadmium and lead were collected on June 5 Bridge and the Bridge Portete organisms were collected with the highest concentration of lead unlike sediment had a higher concentration of lead in the bridge June 5. According to the values found in wet weight of organisms average concentration of cadmium found in these are within the ceilings set by the European

Commission (2006), while lead exceeds the limits established by this Commission, as nickel there is no concentration limit established for bivalve molluscs.

Keywords: Cadmium, Nickel, Lead, mussels, water and sediment.

1. INTRODUCCIÓN

Los ríos y estuarios son importantes hábitats de una gran variedad de organismos que desarrollan parcial o totalmente su ciclo de vida en estos ecosistemas, (¹Arcos & Castro, 2005), además sirven como reservorios de alimento para otras especies como aves acuáticas y terrestres que a más de alimento también encuentran refugio; las mismas que junto al hombre se convierten en víctimas directas e indirectas de la contaminación por metales pesados u otros elementos químicos de los cuerpos hídricos (² Vargas & Castro, 2007). Por este motivo es importante realizar estudios sobre la concentración de metales pesados en ecosistemas acuáticos, ya que dan a conocer los efectos que estos causan al ambiente y proponer posibles soluciones, así como permiten determinar el papel que algunos de estos elementos juegan en los seres vivos. (³Rainbow, 1993 -⁴Rainbow, 1995).

Los metales pesados han sido identificados como los más peligrosos contaminantes en ecosistemas acuáticos, debido a su persistencia y elevada toxicidad, ya que para la mayoría de los organismos la exposición por encima de una concentración umbral puede ser perniciosa (⁵ Martínez *et al.* 2000; ⁶ Castañé *et al.* 2003).

Es muy probable que el efecto tóxico de muchos metales pesados se deba a su gran afinidad de unirse a los residuos de cisteína de las proteínas, aunque sus consecuencias fisiológicas varían de un metal a otro. Alcanzan niveles altos de toxicidad y se absorben muy eficientemente a través de las membranas biológicas por su elevada afinidad química con el grupo sulfhidrilo de las proteínas. (⁷Thomas, 2006).

Debido al potencial de algunos organismos marinos, para concentrar metales trazas, se habría sugerido su uso como organismos de vigilancia o monitoreo

en ambientes estuarinos y costeros; y para que un organismo sea considerado un bioindicador ideal debe satisfacer algunos requisitos: ser sedentarios, abundantes, fácil de identificar y muestrear durante todo el año, ser manejables y fácilmente adaptables a condiciones experimentales; características que cumplen los moluscos bivalvos (⁸Mero, 2010).

1.1. METALES EN MEDIO ACUÁTICO

Las concentraciones naturales de metales en ecosistemas acuáticos dependen de su distribución, meteorización y lixiviación en el área de la cuenca. Las actividades humanas, tanto industriales como urbanas, así como las prácticas agrícolas, pueden incrementar la carga de metales pesados en los ecosistemas acuáticos o alterar sus ciclos naturales al producir concentraciones elevadas en algún compartimento particular (²²Tulonen *et al.* 2006). La mayoría de los metales pesados liberados al ambiente llegan a los sistemas acuáticos a través de descargas directas de precipitaciones lluviosas y las erosiones; los sedimentos pueden incorporar y acumular los metales que llegan al ambiente lacustre, y cambios producidos en sus condiciones físico-químicas pueden remover y liberar los metales a la columna de agua (²³Altindag & Yigit 2005).

Los metales tienen tres vías principales de entrada en el medio acuático:

- Vía atmosférica, producido por la sedimentación de partículas producto del proceso antropogénico que emiten partículas de metales a la atmósfera.
- Vía terrestre, producto de filtraciones de vertidos o de la escorrentía superficial de terrenos contaminados (minas, lixiviación de residuos sólidos, entre otros) y otras causas naturales.
- Vía directa, debido a vertidos directos de aguas residuales industriales y urbanas a los cauces fluviales.

Los factores abióticos, como el pH afecta a la especiación química y a la movilidad de muchos metales pesados; el cual juega un papel importante en las interacciones de los metales pesados con parámetros como la dureza del agua y con los compuestos orgánicos.

Como regla general, las altas temperaturas y la baja salinidad actúan de forma sinérgica con los metales para aumentar la toxicidad.

Los factores bióticos están determinados por el grado de bioasimilación, mecanismos de defensa de los organismos frente a los metales y por la acción que la propia biota pueda ejercer sobre su especiación química.

La acumulación de metales pesados por organismos marinos es un proceso complejo donde intervienen una serie de mecanismos internos y externos que juegan un papel determinante, tales como: la talla de los organismos la composición bioquímica y factores genéticos, los ciclos de desove que afectan la condición y el peso, la biodisponibilidad del metal, la temperatura y la salinidad del medio acuático (⁸Mero, 2010).

1.2 CADMIO

El cadmio está presente en la naturaleza en distintos tipos de rocas, sedimentos marinos y en el agua de mar, producto del aporte de fenómenos como las erupciones volcánicas y los incendios forestales. Sin embargo, el hombre ha superado en gran medida el aporte de estas fuentes naturales, introduciendo en el medio marino grandes cantidades de este metal proveniente de la contaminación de suelos agrícolas, desechos de la minería, residual doméstico e industrial (²⁶Herrera, *et al*, 2002)

Es un metal pesado que produce efectos tóxicos en los organismos vivos, aunque se halle en concentraciones muy pequeñas.

Por su efecto significativo sobre la vida acuática y la salud humana, este metal ocupa un lugar importante en los estudios toxicológicos, que tratan de conocer las concentraciones nocivas para los distintos aspectos biológicos de las especies, incluida su supervivencia.

La exposición al cadmio en los humanos se produce generalmente a través de dos fuentes principales: la primera es la vía oral (por agua e ingestión de alimentos contaminados.) La segunda vía es por inhalación (²⁷Manaham, 1998)

1.2.1 Efectos del cadmio en el medio ambiente

La movilidad de cadmio en los ambientes acuáticos se ve reforzada por un pH bajo, baja dureza, niveles bajos de materia suspendida, potencial redox de alta y baja salinidad.

El cadmio puede ser transportado a grandes distancias cuando es absorbido por el lodo, el mismo que puede contaminar las aguas superficiales y los suelos.

En ecosistemas acuáticos el Cadmio puede bioacumularse en mejillones, ostras, gambas, langostas y peces. La susceptibilidad al Cadmio puede variar ampliamente entre organismos acuáticos.

1.2.2 Efectos del cadmio en la salud

La toma de Cadmio por los humanos tiene lugar mayormente a través de la comida los principales alimentos que aportan grandes cantidades de cadmio en el organismo son patés, champiñones, mejillones, ostras, cacao y algas secas.

El cadmio entra al torrente sanguíneo por absorción en el estómago o en los intestinos, luego de la ingesta de comida o agua, o por absorción en los pulmones después de la inhalación.

Los principales efectos adversos del cadmio incluyen daño renal y el enfisema pulmonar. La población de mayor riesgo son las mujeres con deficiencias

nutricionales o bajo contenido de hierro, también las personas con trastornos renales, los fetos y los niños con bajo contenido de hierro en sus reservas corporales. La (OMS) ha establecido una ingesta semanal tolerable provisional (ISTP) para el cadmio en 7µg/kg de peso corporal. Los efectos críticos principales incluyen un aumento de la excreción de proteínas en la orina como resultado de los daños de células tubulares proximales y la severidad del efecto depende de la duración y magnitud de la exposición.

1.3 NÍQUEL

El níquel puro es un metal duro, de color blanco-plateado, que se usa para fabricar acero inoxidable y otras aleaciones de metales.

El níquel es un elemento relativamente abundante en la naturaleza, donde se presenta principalmente en forma de sulfuro, óxido y silicatos.

La presencia de níquel en los ecosistemas acuáticos se debe a la meteorización de rocas y suelos o por aportes de origen antropogénico (²⁸Subsecretaría de Recursos Hídricos de Argentina, 2005).

En pequeñas cantidades el níquel es esencial, pero cuando es tomado en muy altas cantidades puede resultar peligroso para la salud de los animales y del ser humano.

Entre las fuentes medioambientales más importantes de níquel se encuentran las cenizas producidas en la combustión del carbón, los residuos de la fundición de este elemento, los fangos de depuradoras, y los residuos urbanos.

1.3.1 Efectos del níquel en la salud

La población general está expuesta a níquel principalmente por inhalación o contacto cutáneo con productos fabricados con aleaciones de níquel, lo que puede provocar reacciones alérgicas.

En el organismo de los seres vivos este elemento preferentemente se acumula en los riñones y pulmones.

Los efectos agudos por la ingestión de dosis elevadas de compuestos de níquel son irritación intestinal, convulsiones y asfixia; mientras que los efectos provocados por la inhalación aguda de partículas que contienen níquel causan irritación pulmonar, asma, neumoconiosis, fibrosis y edema pulmonar (³⁰Moreno, 2003).

1.4 PLOMO

El plomo es un metal pesado de color azul-plateado, que se empaña para adquirir un color gris mate siendo considerado como un elemento químico particularmente peligroso, que se puede acumular en organismos individuales, pero también entrar en las cadenas alimenticias.

Industrialmente, sus compuestos más importantes son los óxidos de plomo y el tetraetilo de plomo.

1.4.1 Efectos del plomo en el medio ambiente

El plomo y los compuestos de plomo son generalmente contaminantes tóxicos limitando la síntesis clorofílica de las plantas además se acumula en los organismos, en los sedimentos y en el fango.

El Plomo puede terminar en el agua y suelos a través de la corrosión de las tuberías de Plomo en los sistemas de transportes y a través de la corrosión de pinturas que contienen Plomo.

El Plomo se acumula en los cuerpos de los organismos acuáticos y organismos del suelo produciéndoles efectos en su salud. La distribución de plomo en los animales está estrechamente relacionada con el metabolismo del calcio. En los mariscos, las concentraciones de plomo son mayores en la cáscara rica en calcio que en el tejido blando.

Los efectos sobre la salud de los crustáceos pueden tener lugar incluso cuando sólo hay pequeñas concentraciones de Plomo presente (²⁹Ramirez, 2002).

1.4.2 Efectos del plomo en la salud

El plomo es tóxico aún a muy bajos niveles de exposición y tiene efectos agudos y crónicos en la salud humana. Se trata de una sustancia tóxica que puede causar daños en el sistema de múltiples órganos, sean neurológicos, cardiovasculares, renales, gastrointestinales, hematológicos y efectos en la reproducción. La exposición a corto plazo a altos niveles de plomo puede causar vómitos, diarrea, convulsiones, coma e incluso la muerte. A largo plazo la exposición al plomo en los seres humanos da lugar a efectos en la sangre, sistema nervioso central (SNC), presión arterial, los riñones y el metabolismo de la vitamina D.

Los compuestos orgánicos del plomo se absorben rápidamente y por lo tanto suponen un mayor riesgo.

Las comidas como fruta, vegetales, carnes, granos, mariscos, refrescos y vino pueden contener cantidades significantes de Plomo.

1.5 METALES PESADOS EN ORGANISMOS ACUÁTICOS

La captación y toxicidad de los metales pesados en los organismos acuáticos están influidos no solo por su concentración; también son relevantes el tiempo de exposición y los factores bióticos y abióticos del ambiente.

Para la mayoría de los organismos la exposición a metales pesados por encima de una concentración umbral puede ser extremadamente toxica. Los iones de metales como el cadmio, níquel y plomo suelen penetrar en la célula a través de los mismos sistemas de transporte que utilizan otros cationes metálicos fisiológicamente importantes (⁶Castañe *et al*, 2003).

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 (⁹Alcivar & Mosquera, 2011).

1.6 CARACTERIZACIÓN DE LOS MOLUSCOS (*Mytella guyanensis*)

Los moluscos son un grupo de invertebrados, que se caracterizan por tener un cuerpo blando y aplanado lateralmente, una envoltura externa de naturaleza calcárea conocida comúnmente como concha que cubre completamente el cuerpo del animal y por tener un pie musculoso aplanado con forma de hacha que lo emplean para excavar generalmente en fondos arenosos o fangosos donde viven enterrados.

Presentan un importante éxito evolutivo, gracias a su gran adaptación a variados hábitats, existiendo representantes en el medio acuático y terrestre aunque es en el medio marino donde presentan mayor variación.

Los moluscos bivalvos son un conocido grupo al que pertenecen especies de importancia económica como es el caso de las almejas, ostiones, mejillones entre otros.

***Mytella guyanensis*.**- Es un bivalvo conocido vulgarmente como mejillón o choro, perteneciente a la familia Mytellidae.

Es una especie filtradora que vive en ecosistemas de manglar, adheridos a raíces de mangles o enterrados en sustratos areno-fangosos y se los utiliza como organismos bioindicadores de contaminación especialmente por metales pesados.

Distribución en Ecuador: Esmeraldas, Estuario Interior del Golfo de Guayaquil, Puná, Pto. Bolívar, Costa Rica y Pto. Pitahaya.

Hábitat: Vive en ecosistemas de manglar, formando extensos bancos en un fango duro hasta 20 cm de profundidad.

Principales puertos de desembarque: Guayaquil y Puerto. Bolívar.

Tipo de pesca: Artesanal.

Arte de pesca: Extracción manual

Utilización: Fresco.



Fig. 1. *Mytella guyanensis*

***Fuente:** ²¹Catálogo de peces, crustáceos y moluscos de mayor importancia, comercial en Ecuador, 1993.

La importancia que tiene el estudio de los metales pesados en aguas, sedimentos y en organismos se debe a su elevada toxicidad, persistencia y rápida acumulación, aunque los efectos tóxicos no se detectan fácilmente a corto plazo, pero puede presentarse una incidencia importante a mediano y largo plazo.

Los metales son difíciles de eliminar del medio en que se encuentran debido a la facilidad de ser absorbidos por los seres vivos, es así que un metal en forma iónica puede absorberse más fácilmente que estando en forma elemental, y si esta se halla reducida finalmente aumentan las posibilidades de su oxidación y retención por los diversos órganos del ser vivo (⁸Mero, 2010).

La finalidad de la presente investigación es cuantificar la concentración de Plomo (Pb), Cadmio (Cd) y Níquel en agua, sedimento y organismos; en dos estaciones de muestreo (Puente Portete y Puente 5 de Junio) ubicadas en el Estero Salado de Guayaquil 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 (TULSMA) Libro VI, Anexo 1; Tabla 3, del Ministerio de Ambiente de la República del Ecuador. Asimismo, determinar mediante un análisis comparativo el sector con mayor concentración de metales.

2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

El desarrollo tecnológico, el crecimiento poblacional y la industrialización son factores que contribuyen con el ingreso de sustancias tóxicas al ambiente.

Los contaminantes tóxicos son aquellas formas de materia que exceden las concentraciones naturales en un sistema, causando impactos negativos en el ambiente; entre los principales contaminantes se incluyen a los halógenos, pesticidas, aceites, grasas y metales pesados.

Los estudios de cuantificación de metales pesados en organismos que habitan el Estero Salado como ostiones y mejillones son muy importantes, debido a que estas especies son extraídas de algunos sectores del estero y comercializados sin saber los posibles riesgos a los que se expone la salud de quienes los consumen lo que podría producir la muerte de muchas personas si los organismos se encuentran expuestos a altas concentraciones; y efectos que puedan alterar la salud a largo plazo si la exposición ha sido a concentraciones muy bajas en periodos prolongados.

El impacto que generan estos elementos limita el uso y la explotación de los recursos naturales, debido a que su acumulación es una amenaza a largo plazo para el ambiente y la salud pública.

Los ríos constituyen una de las principales vías de transporte de metales a las zonas costeras, debido a la gran afinidad que tienen estos elementos para ser transportados en el material suspendido. Así, las costas con influencia de ríos constituyen uno de los ecosistemas más sensibles a ser afectados, ya que los metales, al entrar en contacto con la zona marina, sufren procesos que, junto con algunos factores ambientales, permiten su acumulación en los sedimentos.

La biodisponibilidad de metales en los sedimentos tiene una acción directa sobre algunas especies acuáticas, muchas de las cuales acumulan altas

concentraciones con efectos crónicos en sus poblaciones (¹⁰Acosta, *et al*, 2002).

La determinación de metales pesados en los sedimentos es un buen indicador del origen de estos en el medio y los impactos que pueden producir en la biota marina.

El problema de contaminación del Estero Salado es considerado prioritario para las autoridades Gubernamentales y Municipales, quienes están llevando a cabo programas y proyectos de limpieza y regeneración, con el propósito de recuperar el Estero Salado, tales como:

- Plan de Tratamiento de las Aguas Servidas EMAG (1978). (¹¹Empresa Municipal de Alcantarillado de Guayaquil. 1978).
- Plan Integral para la Recuperación del Estero Salado de la M.I Municipalidad de Guayaquil. (¹⁴Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil, 2000).
- Evaluación de contaminación en un ramal del Estero Salado (Puente 5 de Junio – Puerto Marítimo) sobre la base de la demanda bioquímica de oxígeno (¹²Pizarro, 1991).

En la tesis de ⁹Alcívar y Mosquera se muestran los resultados de un monitoreo de calidad de agua realizado por la Dirección de Medio Ambiente (DMA) de la M.I Municipalidad de Guayaquil en el 2009, en diferentes tramos del Estero Salado durante la pleamar y bajamar, determinando que las concentraciones de cadmio tanto para la pleamar como para la bajamar se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (¹³TULSMA), (Libro VI; Anexo 1; Tabla 3).

El plomo durante la pleamar, presentó concentraciones dentro de los límites permisibles en casi todos los puntos monitoreados, a excepción del puente del Policentro correspondiente al Tramo A del Estero Salado. Mientras que en el

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.

En el año 2000 un estudio contratado por el Municipio y realizado por la consultora Alemana-Ecuatoriana Lahmeyer-Cimentaciones concluyó que la mejor alternativa para solucionar el problema de contaminación era la intercepción de las aguas servidas. Esto significa que al brazo de mar no deberían llegar aguas negras sino al río Guayas, porque tiene una capacidad de dilución de los contaminantes superior a la del estero (¹⁴Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil, 2000)

La peligrosidad de los metales pesados radica en el hecho de que estos no son química ni biológicamente degradables y una vez emitidos al ambiente pueden permanecer en este durante cientos de años. Además, su concentración en los seres vivos aumenta a medida que son ingeridos por otros, por lo que la ingesta de plantas o animales contaminados puede provocar síntomas de intoxicación y sus efectos tóxicos no son detectables a corto plazo, aunque si puede haber una incidencia muy importante a mediano y largo plazo.

En el año 2011 ⁹Alcívar & Mosquera realizaron un estudio para determinar las concentraciones de cromo, plomo y cadmio en el Estero Salado; y concluyeron que las concentraciones de Cd y Pb en el agua sobrepasan los límites permisibles establecidos por la normativa ambiental. Mientras que en la especie *Cerithidea valida* las concentraciones de plomo en toda el área de estudio fueron considerablemente elevadas, registrándose la más alta en el Puente Ecológico con 41.08 ppm y los niveles más bajos fueron para el Cadmio con 1.37 ppm en la Estación de 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.

⁸Mero, en el 2010, realizó un estudio para determinar la concentración de metales pesados en *Mytella strigata* (mejillón) y *Ostrea columbiensis* (ostión) en cuatro esteros del golfo de Guayaquil, determinando que las concentraciones de cadmio en estos organismos son mayores que las del sedimento, mientras que el plomo presentó concentraciones más altas en el sedimento.

También se determinaron diferencias en la capacidad para acumular cadmio por parte de los organismos en estudio, así *O. columbiensis* mostró más afinidad que *M. strigata* para acumular cadmio.

Un estudio realizado en Argentina por ¹⁵Pérez et al, 2005, para determinar el contenido de plomo, cromo y cadmio en *Aulacomy aater* y *Mytilus edulisplatensis*, concluyó que las concentraciones de plomo y cromo halladas en moluscos colectados en el Golfo San Jorge no representan problema alguno desde el punto de vista de salud pública. Mientras que para el cadmio se recomienda que el consumo de los moluscos colectados en los sitios estudiados debiera realizarse con moderación ya que con pocas unidades ingeridas se alcanzaría el valor límite de ingesta semanal tolerable provisional (ISTP).

En otro estudio realizado por ¹⁶Olavarría en el 2007 para determinar trazas de cadmio en (*Aulacomy aater*), (*Mytilus chilensis*) y (*Ostrae chilensis*) en Chile, se concluyó que la especie en acumular más cadmio es la *Ostrea chilensis*; mientras que la especie que acumuló menos cadmio fue *Mytilus chilensis*. En ambos casos se da tanto para los individuos de distintos tamaños, como para las diferentes estaciones del año que fueron evaluadas. Tanto en la estación de primavera como en individuos pequeños de la especie *Ostrea chilensis*, se

presentó la mayor concentración de cadmio mientras que en la estación de otoño e individuos de talla mediana de la especie *Mytilus chilensis*, se presentó la menor concentración de cadmio.

3. HIPÓTESIS

Las concentraciones de cadmio, plomo y níquel presentes en agua superficial, sedimentos y organismos (*Mytella guyanensis*) en el Estero Salado exceden los límites permitidos por la Legislación Ambiental.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

“Cuantificar plomo, cadmio y níquel en agua superficial, sedimentos y organismos (*Mytella guyanensis*)”.

4.2 Objetivos específicos

- Cuantificar concentraciones de cadmio, plomo y níquel en agua superficial, sedimentos y organismos (*Mytella guyanensis*)”.
- Determinar parámetros físicos temperatura, salinidad y pH.
- Realizar un análisis comparativo espacial de las concentraciones de metales pesados entre las dos estaciones de muestreo (Puentes 5 de Junio y Portete).

5. ÁREA DE ESTUDIO

5.1 GENERALIDADES DEL ESTERO SALADO DE GUAYAQUIL

El Estero Salado es un brazo de mar que forma parte del estuario interior del Golfo de Guayaquil y se extiende aproximadamente 60 km desde el Puerto Marítimo de Guayaquil hasta Posorja. Su boca, en el Canal del Morro, tiene aproximadamente 3 km de ancho y casi 60m de profundidad, avanzando hacia Guayaquil se ensancha, encontrándose una serie de canales secundarios, riachuelos, bancos e islas. Finalmente, el canal principal se estrecha de un modo gradual y termina formando algunos ramales que se internan en la ciudad de Guayaquil.

Los reportes preparados para la M.I. Municipalidad de Guayaquil, establecen una zonificación de estudio en el Estero Salado, basados en su ubicación geográfica, urbanística y grado de contaminación, que se detalla a continuación:

Zona I: comprende los tramos A, B, C, y D; empezando por las ciudadelas Urdesa y Kennedy, terminando por la intersección del Puente 5 de Junio y la calle 17.

Zona II: incluye los tramos E, G, H e I; iniciando entre el puente de la calle 17 y puente Portete, finalizando en el Puerto Marítimo.

Zona III: abarca el tramo de Puerto Hondo, incluyendo los ramales del estero como: Plano Seco, Mongón, Madre Costal, Puerto Hondo, entre otros.

Por ser un brazo de mar el cuerpo de agua del estero se desliza con la marea hacia el mar, pero recupera su posición inicial con el refluo de la misma. Desde el punto de vista de regeneración de la calidad del agua, este comportamiento afecta al proceso de renovación y autodepuración de sus

aguas especialmente hacia la zona que delimita con la ciudad de Guayaquil.
(¹⁷Monserate, B. & J. Medina. 2011).

5.2 Ubicación de las estaciones de muestreo

Estación # 1 Puente Portete

Está ubicado en la Av. Barcelona y Portete al suroeste de la ciudad; se caracteriza por encontrarse rodeado de áreas urbanas, no planificadas, que fueron invadidas. Cuentan con servicios básicos mínimos, pudiéndose observar una gran acumulación de basuras tanto en las aguas como en las orillas del sector.

A la altura de la Policía Judicial se observa un área pequeña de ecosistema de manglar donde existen organismos tales como moluscos, crustáceos e insectos. En esta área también se realiza mantenimiento de embarcaciones fluviales.

Estación # 2 Puente 5 de Junio

Está ubicado en la Av. 9 de Octubre forma parte del Malecón del Salado y se localiza en un sector de áreas urbanas, planificadas, que cuentan con todos los servicios básicos.

Se puede observar una mínima cantidad de basura en las aguas, y en el sedimento se observa una sustancia de aspecto grasoso.



Fig. 2. Puente Portete (coordenadas UTM x=618272; y=9757252)



Fig. 3. Puente 5 de Junio (coordenadas UTM x = 620953; y= 9757944)

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 METODOLOGÍA

6.1.1 Toma de muestras

Se consideraron dos estaciones de muestreo, ya descritas en el área de estudio y se realizaron tres muestreos en cada una.

Las muestras de agua superficial fueron colectadas por duplicado en envases de polietileno de 1000 ml (Fig.4), luego fueron trasladadas al laboratorio dentro de una hielera a una temperatura adecuada.

Las muestras de sedimentos y organismos fueron colectadas en fundas de polietileno de manera manual, utilizando guantes estériles en cada una de las estaciones para evitar contaminación cruzada, y fueron trasladadas al laboratorio dentro de una hielera a una temperatura adecuada (Fig. 5 y 6).

Los análisis se realizaron 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).

6.1.2 Análisis en el Laboratorio

Para el análisis de las muestras se siguieron técnicas basadas en la Metodología de la Estación Biológica de Bermuda (¹⁸Solórzano 1983) y procedimientos internos del Laboratorio de Espectrofotometría basados en el Manual Perkin Elmer y el Standard Methods (Eaton, *et al* 2005).

Para la cuantificación de Cd, Ni y Pb se utilizó el espectrofotómetro de absorción atómica, modelo Perkin Elmer, Analyst 100.

6.1.3 Análisis de agua

Una vez que las muestras estuvieron en el laboratorio, se procedió a tomar el pH y la salinidad para luego preservarlas para lo que se les añadió 1ml de ácido nítrico concentrado en cada una de ellas (Fig. 7). Posteriormente la

muestra fue filtrada a través de papel filtro sobre un equipo de filtración y con ayuda de una bomba para producir vacío (Fig. 8). 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”, el procedimiento consistió en colocar 400 ml de la muestra en frascos plásticos, añadiéndoles 3 ml de solución pirrolidinaditio-carbomato de amonio (APDC), 5 ml de acetato de amonio y 15 ml de cloroformo en cada una de las muestras y se las llevó al agitador por 10 minutos para homogeneizarlas (Fig. 9 y 10).

Posteriormente, las muestras fueron colocadas en embudos de separación con llave de teflón, y se las agitó para obtener dos fases, una clorofórmica y otra acuosa (Fig. 11), la fase clorofórmica se filtró a través de papel filtro Whatman 40 en un matraz de 50ml y se añadió 15ml mas de cloroformo a las muestras, se agita y se filtra nuevamente. Una vez filtradas las muestras se les añadió 1 ml de ácido nítrico al 50% y se las llevó a evaporación utilizando un plato calentador para evaporar el cloroformo (Fig. 12) y una vez evaporadas se les agregó 10 ml de ácido nítrico al 1%.

Para preparar el blanco se llenó un frasco plástico con agua destilada y se procedió de igual manera que con las muestras.

6.2 ANÁLISIS DE SEDIMENTOS

6.2.1. Secado

Para secar las muestras se las colocó sobre fundas esparciéndolas a lo largo de la funda y dejándolas al ambiente por dos días, luego se las llevó a la estufa para un secado completo (Fig. 13).

6.2.2 Disgregación y tamizado

Una vez que las muestras estuvieron secas se procedió a disgregarlas con ayuda de un mortero hasta obtener un polvo muy fino, el mismo que fue tamizado empleando tamices de 250, 125 y 71 μm de luz de malla (Fig. 14 y 15); la fracción tamizada a 71 μm es en la que se realiza la investigación.

Las muestras tamizadas fueron colocadas en capsulas de porcelana debidamente rotuladas con el nombre de las estaciones y se las llevó a la estufa a una temperatura de 70 °C durante 1 hora para eliminar la humedad remanente (Fig.16). Una vez que las muestras se enfriaron en un tubo de ensayo colocado dentro de un vaso de precipitación se pesó aproximadamente 0,50g en una balanza de precisión.

6.2.3 Digestión

Las muestras fueron puestas dentro de la cámara de extracción de gases, a las cuales se les agregó 5 ml de ácido nítrico concentrado a cada tubo agitándolos hasta que deje de burbujear, luego se procedió a sellar los tubos con un tapón interno y cubriendo el borde del tubo con cinta de teflón (Fig.17), se los tapó y se los llevó a Baño María a 100 °C por una hora, pasado este tiempo se retiraron los tubos dejándolos enfriar por 15 minutos y luego se filtró su contenido en un matraz aforado de 100 ml (Fig.18), enjuagando con agua destilada las paredes del tubo. Filtrada la muestra se enrazó a 100 ml con agua destilada y se agitó.

6.3 ANÁLISIS DE ORGANISMOS

Se procedió a lavar los organismos para eliminar todo el material adherido a las valvas, se separó el tejido blando de estas, y se lo colocó en cápsulas de porcelana (Fig.19). Se pesó aproximadamente 50g de organismos y se los dividió en partes iguales en dos vasos de precipitación de 250 ml, se les agrega

3 ml de ácido nítrico concentrado a cada una de las muestras y se las tapo con un vidrio reloj (Fig. 20). Finalmente se hizo la digestión en caliente llevando las muestras al plato calentador y evaporando a un mínimo volumen a una temperatura aproximadamente de 85 °C, se redisuelve con agua destilada, filtra y se enrasó en un matraz de 50 ml (Fig.21), finalmente se procedió a leer la concentración de cadmio, níquel y plomo en cada muestra (Fig. 22).

6.4 CONTROL DE CALIDAD

El laboratorio de Espectrofotometría se encuentra implementado bajo la Norma ISO/IECE 17025. Alternadamente se realizaron lecturas de concentración de chequeo, se prepararon duplicado de cada muestra, se programó repetibilidad de las lecturas, lectura del material de referencia certificado (sedimento), lectura de blancos de reactivos, lectura de **RESLOPE y la determinación del límite de detección para cada elemento.

****RESLOPE.- Punto medio de la curva de estándares, que ajusta la curva de calibración.**

Tabla 1.- Calidad de los datos: Método y límite de detección

	CADMIO	NIQUEL	PLOMO
Método	Espectrofotometría de Absorción Atómica (llama)		
Límite de detección	0,029 ppm	0,14 ppm	0,190m

6.5 CURVAS DE CALIBRACIÓN

Antes de empezar a leer la concentración de las muestras se calibró el equipo con estándares del elemento a cuantificar. (Tabla 2 y Fig. 23).

Tabla 2. - Curva de calibración de estándares de cadmio, níquel y plomo

	Estándar 1	Estándar 2	Estándar 3	RESLOPE
CADMIO (ppm)	0,1	0,3	0,6	0,3
NIQUEL (ppm)	0,3	0,9	1,8	0,9
PLOMO (ppm)	1	5	10	5

6.6 LECTURA DE LAS MUESTRAS

Las lecturas de las muestras se realizaron en el espectrofotómetro de Absorción Atómica modelo Perkin Elmer, Analyst 100. Se corrió la curva de estándares para cada elemento, luego se realizaron las lecturas del blanco y de las muestras.

6.7 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:

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

6.8 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.

7. RESULTADOS

7.1 AGUA

En la tabla 3 y Fig. 24 se presentan los resultados de las concentraciones de cadmio obtenidas en el análisis químico en muestras de agua, en los puentes Portete y 5 de Junio del Estero Salado.

En el puente Portete el cadmio presentó su mayor concentración durante el segundo muestreo con un valor de 0,05 ppm. Mientras que para el Puente 5 de Junio la más alta concentración se registró durante el tercer muestreo con un valor de 0,05 ppm.

Tabla 3.- Concentración de cadmio en agua en los puentes Portete y 5 de Junio del Estero Salado.

CADMIO – AGUA (ppm)			
Nº de Muestreo	Puente Portete	Puente 5 de Junio	LMP (Tulsma)
1^{er} Muestreo	0,04	0,04	0,005
2^{do} Muestreo	0,05	0,04	0,005
3^{er} Muestreo	0,03	0,05	0,005

LMP: Límite Máximo Permisible.

ND: Valor no Detectable.

Las concentraciones de plomo registradas en las muestras de agua para de las dos estaciones de estudio fueron de 0,43 ppm para el Puente Portete, durante el segundo muestreo y de 0,27 ppm para el Puente 5 de Junio registrada en el primer muestreo, mientras que en los demás muestreos presentó concentraciones no detectables por el equipo en ambas estaciones, como se indica en la tabla 4 y Fig. 25.

Tabla 4.- Concentración de plomo en agua en los puentes Portete y 5 de Junio del Estero Salado.

PLOMO- AGUA (ppm)			
Nº de Muestreo	Puente Portete	Puente 5 de Junio	LMP (Tulsma)
1^{er} Muestreo	ND	0,27	0,01
2^{do} Muestreo	0,43	ND	0,01
3^{er} Muestreo	ND	ND	0,01

Los resultados expresados como 0.00 indican que las concentraciones fueron menores al límite de detección instrumental.

Únicamente se encontró una concentración de níquel de 0,21 ppm en el Puente Portete y de 0,20 ppm para el 5 de Junio durante el primer muestreo; mientras que en los demás muestreos presentó concentraciones no detectables por el equipo en ambas estaciones. (Tabla 5 y Fig. 26).

Tabla 5.- Concentración de níquel en agua en los puentes Portete y 5 de Junio del Estero Salado.

NIQUEL-AGUA (ppm)			
Nº de Muestreo	Puente Portete	Puente 5 de Junio	LMP (Tulsma)
1^{er} Muestreo	0,21	0,20	0,1
2^{do} Muestreo	ND	ND	0,1
3^{er} Muestreo	ND	ND	0,1

7.2 SEDIMENTO

Tabla 6.- Concentración de cadmio en sedimento en los puentes Portete y 5 de Junio del Estero Salado.

CADMIO-SEDIMENTO(ppm)			
Nº de Muestreo	Puente Portete	Puente 5 de Junio	LMP (Canadian Sediment)
1^{er} Muestreo	8,36	13,91	0,676
2^{do} Muestreo	9,47	11,9	0,676
3^{er} Muestreo	1,5	0,5	0,676

La presencia de Cadmio en el sedimento del Puente Portete presentó su mayor concentración durante el segundo muestreo mostrando un valor de 9,47 ppm y una concentración baja se registró durante el tercer muestreo con un valor de 1,50 ppm.

Mientras que en el Puente 5 de Junio la mayor concentración fue de 13,91ppm durante el primer muestreo y la más baja fue de 0,5 ppm en el tercer muestreo. (Tabla 6 y Fig. 27).

Las dos estaciones muestreadas presentaron altas concentraciones de níquel durante los tres muestreos registrando las más altas concentraciones durante el primer muestreo en ambas estaciones (94,91 y 116,19 ppm) respectivamente. La más baja concentración se registró en el Puente 5 de Junio durante el segundo muestreo con un valor de 19,35 ppm. (Tabla 7 y Fig. 28).

Tabla 7.- Concentración de níquel en sedimento en los puentes Portete y 5 de Junio del Estero Salado.

NIQUEL-SEDIMENTO(ppm)			
Nº de Muestreo	Puente Portete	Puente 5 de Junio	LMP (Canadian Sediment)
1^{er} Muestreo	94,91	116,19	20
2^{do} Muestreo	20,44	19,35	20
3^{er} Muestreo	27,94	58,48	20

El plomo también presentó las más altas concentraciones durante los muestreos, realizados en el Puente 5 de Junio. La máxima concentración se registró durante el primer muestreo con un valor de 523,79 ppm y la más baja concentración se registró en el Puente Portete con un valor de 8,98 ppm durante el tercer muestreo. (Tabla 8 y Fig. 29).

Tabla 8.- Concentración de plomo en sedimento en los puentes Portete y 5 de Junio del Estero Salado.

PLOMO-SEDIMENTO(ppm)			
Nº de Muestreo	Puente Portete	Puente 5 de Junio	LMP (Canadian Sediment)
1^{er} Muestreo	30,98	523,79	30,2
2^{do} Muestreo	49,83	63,49	30,2
3^{er} Muestreo	8,98	102,97	30,2

7.3 ORGANISMO (*MYTELLA GUYANENSIS*)

En las tablas 9, 10 y 11 se muestran los resultados de las concentraciones obtenidas en el análisis de cadmio, níquel y plomo en los organismos (*Mytella guyanensis*) en los Puentes Portete y 5 de Junio del Estero Salado de Guayaquil durante los tres muestreos realizados. Los resultados se expresan en ppm de peso en fresco.

Tabla 9.- Concentración de cadmio en organismos *Mytella guyanensis* en los puentes Portete y 5 de Junio del Estero Salado.

CADMIO(ppm)-ORGANISMO (<i>Mytella guyanensis</i>)			
Nº de Muestreo	Puente Portete	Puente 5 de Junio	LMP (Unión Europea)
1^{er} Muestreo	0,16	0,15	1
2^{do} Muestreo	0,09	0,25	1
3^{er} Muestreo	0,09	0,28	1

Tabla 10.- Concentración de níquel en *Mytella guyanensis* en los puentes Portete y 5 de Junio del Estero Salado.

NIQUEL (ppm)-ORGANISMO (<i>Mytella guyanensis</i>)		
Nº de Muestreo	Puente Portete	Puente 5 de Junio
1^{er} Muestreo	2,75	1,3
2^{do} Muestreo	0,92	1,12
3^{er} Muestreo	2,08	2,07

Tabla 11.- Concentración de plomo en *Mytella guyanensis* en los puentes Portete y 5 de Junio del Estero Salado.

PLOMO (ppm) -ORGANISMO (<i>Mytella guyanensis</i>)			
Nº de Muestreo	Puente Portete	Puente 5 de Junio	LMP (Unión Europea)
1^{er} Muestreo	0,61	1,27	1,5
2^{do} Muestreo	0,71	1,23	1,5
3^{er} Muestreo	2,89	2,89	1,5

Las concentraciones de cadmio obtenidas en mejillones en las dos estaciones muestreadas se encontraron entre 0,09 y 0,28 ppm. Los valores mínimos se registraron en el segundo y tercer al segundo muestreo realizado en el Puente Portete; mientras que la máxima concentración se registró durante el primer muestreo realizado en el Puente 5 de Junio (Fig. 30).

Las concentraciones de níquel obtenidas en mejillones en los muestreos se encontraron entre 0,92 y 2,75 ppm. Estos valores se registraron en el Puente Portete en el primer y segundo muestreo respectivamente. (Tabla 10 y Fig. 31)

Las más altas concentraciones de plomo en mejillones se registraron durante el tercer muestreo en ambas estaciones; y los valores más bajos se registraron durante el primer y segundo muestreo en el Puente Portete. (Tabla 11 y Fig. 32).

7.4 PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

7.4.1 Potencial de hidrogeno (pH)

El potencial ión hidrógeno es un parámetro importante en la calidad de aguas naturales, es una medida de la concentración de iones de hidrógenos en el agua.

El pH fluctuó entre 7,1 a 8, siendo la estación del Puente Portete donde se registraron los valores más bajos durante los tres muestreos (Tabla 12 y fig.33).

Tabla 12. Valores del pH del agua durante los tres muestreos

Nº de Muestreo	Puente Portete	Puente 5 de Junio
1^{er} Muestreo	7,1	7,8
2^{do} Muestreo	7,1	7,6
3^{er} Muestreo	7,2	8

7.4.2 Salinidad

La salinidad es el contenido de sal disuelta en un cuerpo de agua e influye en la distribución de los organismos, fluctuando está entre 10 a 16 ‰ y los valores más altos se registraron durante el tercer muestreo en ambas estaciones. (Tabla 13 y Fig. 34).

Tabla 13. Valores de la Salinidad del agua durante los tres muestreos

Nº de Muestreo	Puente Portete	Puente 5 de Junio
1^{er} Muestreo	10	12
2^{do} Muestreo	11	10
3^{er} Muestreo	14	16

8. DISCUSIÓN

Se obtuvieron las concentraciones promedios de cadmio níquel y plomo tanto para el agua, sedimento y organismos y se realizó una comparación de los resultados entre ambas estaciones estudiadas.

Los valores promedios registrados de cadmio y plomo en el agua de ambas estaciones se encuentran sobre los límites máximos establecidos por la Normativa Ambiental vigente en Ecuador, mientras que el valor promedio de níquel se encuentra dentro de los límites establecidos por esta normativa al comparar estos resultados con los obtenidos por Alcívar y Mosquera en el año 2011 se pudo establecer que tanto en el gua como en el sedimento se ha incrementado las concentraciones de cadmio y plomo en el Puente Portete del Estero Salado. (Tablas 14 y 15).

Tabla 14. Comparación de concentraciones de cadmio, níquel y plomo en el agua de las estaciones muestreadas.

Metales	Tulsma	Puente Portete	Puente 5 de Junio	Alcívar y Mosquera
Cadmio	0,005	0,04	0,043	0,02
Níquel	0,1	0,07	0,066	no determinado
Plomo	0,01	0,14	0,09	ND

Debido a que el Ecuador no cuenta con normas sanitarias nacionales que establezcan límites para el contenido de metales en sedimento y moluscos bivalvos, se hace referencia a las normativas internacionales Canadian Sediment Quality Guidelines for the of Aquatic life en la que se establece

concentraciones límites de 0,67 ppm para el cadmio, de 20 ppm para el níquel y de 30,2 ppm para el plomo en sedimento y a la Normativa Ambiental de la Unión Europea que en su legislación (Reglamento 1881/2006) establece 1 ppm y 1,5 ppm para para el plomo como límites máximos permisibles para moluscos bivalvos en peso fresco, con respecto al níquel por ser considerado como un elemento esencial en la dieta de tanto de animales como del ser humano no existe ninguna normativa que establezca un límite para la concentración de este elemento en organismos.

Las muestras de sedimento en ambas estaciones presentaron concentraciones promedio elevadas y muy por encima del límite máximo establecido por la Normativa Canadiense. Las más altas concentraciones se registraron en el Puente 5 de Junio con valores promedio de 8,77 ppm para el cadmio, de 64,67 ppm para el níquel y de 230,08 ppm para el plomo; los valores de cadmio y níquel presentaron una diferencia mediana, mientras que el plomo presentó una diferencia muy marcada entre ambas estaciones. (Tabla 15).

Tabla 15. Comparación de concentraciones de cadmio, níquel y plomo en el sedimento de las estaciones muestreadas.

Metales	Canadian Sediment	Puente Portete	Puente 5 de Junio	Alcivar y Mosquera
Cadmio	0,67	6,44	8,77	3,66
Níquel	20	47,76	64,67	no determinado
Plomo	30,2	29,93	230,08	57,76

Las altas concentraciones de cadmio, níquel y plomo registradas en las estaciones muestreadas podría deberse a la presencia de industrias que tal vez descarguen directa e indirectamente desechos al estero. El Puente 5 de Junio presentó una mayor contaminación en el sedimento, situación que tal vez se deba a su ubicación ya que por encontrarse en una zona céntrica y comercial de la ciudad se haya más expuesto a contaminantes de carácter orgánicos e inorgánicos debido a descargas industriales y urbanas.

Para la mayoría de los organismos acuáticos expuestos a contaminantes de cualquier tipo, la dieta es la principal ruta de contaminación por lo que resulta esencial mantener los niveles establecidos para cada elemento, desde el punto de vista ambiental y toxicológico.

Los resultados obtenidos en los organismos determinaron que la concentración promedio de cadmio en ambas estaciones se halla por debajo del límite establecido por la legislación Europea. En un estudio realizado por ⁸Mero en el año 2010 en cuatro esteros del Golfo de Guayaquil los valores registrados para cadmio en la especie *Mytella strigata* también se hallaron dentro de los límites establecidos por la Legislación anteriormente mencionada.

El plomo registró una concentración promedio de 1,40 ppm en el Puente Portete y 1,80 ppm en el Puente 5 de Junio, determinando que la concentración de plomo en esta estación se halla fuera del límite establecido por la Legislación Europea.

Las concentraciones promedio registradas para el níquel fueron de 1,92 ppm en el Puente Portete y 1,50 ppm en el Puente 5 de Junio. El níquel es considerado un nutriente esencial para plantas, bacterias e invertebrados, debido al papel que cumple en la función catalítica de sus sistemas enzimáticos razón por la que ninguna Normativa Ambiental ha establecido una concentración límite para este elemento en moluscos bivalvos.

En esta investigación la influencia del pH y la salinidad no fue representativa ya que las concentraciones de cadmio, níquel y plomo registradas en las diferentes matrices estudiadas fueron diferentes e independientes a los valores registrados para el pH y la salinidad situación que tal vez se deba a otros factores físicos, químicos y biológicos.

9. CONCLUSIONES

- La especie *Mytella guyanensis* es capaz de acumular cadmio, níquel y plomo en sus tejidos, pudiendo ser utilizada como un organismo bioindicador de contaminación por metales pesados.
- Las concentraciones de metales encontradas en *Mytella guyanensis* pueden poner en riesgo tanto a esta como a otras especies que habitan en la zona.
- El consumo de este mejillón (*Mytella guyanensis*) colectadas en las estaciones muestreadas podría representar un riesgo para la salud de quienes la consuman ya que presentó un alto contenido de níquel y plomo.
- Los organismos que registraron una mayor concentración de níquel fueron colectados en el Puente Portete; mientras que las mayores concentraciones registradas para el plomo y el cadmio se determinaron en organismos colectados en el Puente 5 de Junio.
- Las muestras de sedimento colectadas en el Puente 5 de Junio presentaron una alta concentración de cadmio, níquel y plomo en comparación a las muestras colectadas en el Puente Portete, por lo que se pudo determinar una mayor contaminación en el 5 de Junio.

10. RECOMENDACIONES

- Realizar campañas de concientización para que la comunidad aledaña a los diferentes tramos del Estero tengan un mejor control en el manejo de los desechos tanto sólidos como líquidos.
- Que las autoridades intensifiquen los controles de descargas de aguas residuales vertidas al Estero por parte del sector público e industrial, establecer reglamentos para evitar que se siga contaminando a este cuerpo hídrico, penalizando a las personas o industrias que incumplan dichos reglamentos, también se deberían realizar monitoreos ambientales y exigir la publicación de los resultados obtenidos en estos.
- Realizar investigaciones para determinar la concentración o existencia de otros metales pesados en la especie *Mytella guyanensis* y demás organismos representativos del lugar.
- Que las autoridades brinden información a la comunidad sobre el grado de contaminación ya sea por materia orgánica o inorgánica presente en la zona para que esta tome las debidas precauciones y evite poner en riesgo su salud al consumir organismos del lugar o por la utilización de la zona como área de recreación.

11. BIBLIOGRAFIA

- ¹⁰Acosta, V.C. Lodeiros & W. Senior. 2002. "Niveles de metales pesados en sedimentos superficiales en tres zonas litorales de Venezuela". Vol. 27, Nº.12, pp.686-690. ISSN 0378-1844.
- ⁹Alcivar, M. & J. Mosquera. 2011. "Concentración de metales pesados (Cr total, Pb, Cd) en agua superficial y sedimentos en el Estero Salado (Guayaquil)". Tesis de Grado para la obtención del Título de Biólogo. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales. 56p
- ²³Altindag, A & Yigit. 2005. Assessment of heavy metal concentrations in the food web of lake Beysehir, Turkey. *Chemosphere*, 60:552-556.
- ¹Arcos, V. & R. Castro. 2005. Metales pesados en agua, sedimentos y organismos. Boletín Científico y Técnico. Revista de Ciencias Naturales y Ambientales. Vol. 1:1, pp. 103-209
- ²⁸Argentina. 2005. Subsecretaria de Recursos Hídricos de la Nación. Desarrollos de niveles guía nacionales de calidad de agua ambiente correspondientes a níquel. 38p
- ²⁴Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. 1999. SUMMARYTABLES Update 2002.
- ⁶Castañé, P.L. Topalián., R. Cordero & A. Salibián. 2003. Influencia de la especiación de los metales pesados en medio acuático como determinante de su toxicidad. *Revista Toxicologica* Vol. 20: 1, pp. 13-18.
- ¹⁹Eaton, A., L. Chesceri., E. Rice & A. Greenberg. 2005. Standard Methods for the examination of water & wastewater. 21st ed, American Public Health Association. Parte 3000: pp 1-106
- ¹¹Guayaquil. 1978. Empresa Municipal de Alcantarillado de Guayaquil (EMAG). Recuperación del Estero Salado Plan de Trabajo. 43p.

- ²⁶Herrera, A. L, Betancourt. 2002. Toxicidad del cadmio sobre los crustáceos: bioensayos, efectos y propuesta de estándares. Indotécnica. República de Santo Domingo. Vol. 3: 1 pp. 65-76.
- ⁵Martínez-Tabche, L., L. Gómez-Oliván., M. Martínez., C. Castillo & A. Santiago 2000. Toxicity of nickel in artificial sediment on acetyl cholinesterase activity and hemoglobin concentration of the aquatic flea, *Moina crocopa*. Journal of Environmental Hydrology. pp. 1-10.
- ²⁷Manahan, S. 1998. Introducción a la Química Ambiental. 1^{era}ed, 760p.
- ²¹Massay, S., J. Correa & E. Mora. 1993. Catálogo de Peces, crustáceos y moluscos de mayor importancia comercial en Ecuador. Instituto Nacional de Pesca. 1^{era}ed, Guayaquil-Ecuador. 122p
- ⁸Mero, M. 2010. “Determinación de Metales Pesados (Cd y Pb) en Moluscos de interés Comercial de Cuatro Esteros del Golfo de Guayaquil”. Tesis para obtener el título de Magister en Manejo sustentable de Recursos Bioacuáticos y Medio Ambiente. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales. 63p
- ³⁰Moreno, D. 2003. Toxicología Ambiental, Evaluación de riesgo para la salud humana. 1^{era}ed, Ediciones Mc Graw Hill. Interamericana de España, 370p.
- ¹⁷Monserate, B. & J. Medina. 2011. “Estudio de condiciones Físicas, Químicas y Biológicas en la Zona Intermareal de dos sectores del Estero Salado con diferente desarrollo urbano. Tesis de Grado para la obtención del Título de Biólogo. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas, Oceánicas y Recursos Naturales. 172p
- ¹⁴Guayaquil. 2000. Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil. “Monitoreo de calidad de agua y sedimento del estero salado”.

- ¹⁶Olavarría, Y. 2007. “Determinación de trazas de cadmio en cholga (*Aulacomyaater*), chorito (*Mytilus chilensis*) y ostra chilena (*Ostrae chilensis*) en la zona de Chiloé (Hueihue)”. Tesis de Grado para obtener el Título de Químico Farmacéutico. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias. 105p
- ¹⁵Pérez, A., A. Fajardo., A. Strobl., L. Pérez., A. Piñeiro & C. López. 2005. Contenido de plomo, cromo y cadmio en moluscos comestibles del Golfo san Jorge (Argentina). Acta Toxicológica Argentina. Vol. 13:1. pp. 20-25
- Perkin Elmer. 1996. Analytical Methods, Atomic Absorption Spectroscopy.
- ¹²Pizarro, S. 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 (DBO5), calculada por el método manométrico. Tesis de Grado para la obtención del Título de Oceanógrafo. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar. 210p
- ³Rainbow, P.1993.The significance the trace metal concentration in marine invertebrates. In Ecotoxicology of metals in invertebrates. Lewis Publisher. Boca Raton. 23p
- ⁴Rainbow, P. 1995. Biomonitoring of heavy metal availability in the marine environment. Mar. Poll. Bull. pp.183 -192.
- ²⁹Ramirez, A. 2002. Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. Anales de la Facultad de Medicina. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. ISSN 1025 – 5583, Vol. 63: 1 pp. 5 -64
- ¹⁸Solórzano, L. 1983. Método de análisis químico utilizado en el curso latinoamericano de post-grado “Instrumentación y análisis químico de Agentes Contaminantes en el Mar. Boletín Científico y Técnico. Revista del Instituto Nacional de Pesca. Vol. 7: 1, pp. 53-54

¹³Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria. 2003. 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 y en aguas marinas y de estuario. 55p

⁷Thomas G., W. Spiro&M. Stigliani. 2006. “Química medioambiental” 2^{da} ed. 520p.

²³Tulonen, T; M. Pihlström; L. Arvola & M. Rask. 2006. Concentrations of heavy metals in food web components of small, boreal lakes. Boreal. Env. Res., vol. 11:185-194.

²Varga, B. & M. Castro. 2007 “Educación Ambiental” 3^a ed, Ediciones Holguín.160p

12. GLOSARIO

Ácido nítrico.- Conocido como agua fuerte, es un líquido incoloro y muy corrosivo, reactivo de formula NO_3H .

Antropogénico.- Relativo a, o que comprende la influencia del hombre sobre la naturaleza

APDC: Pirrolidinaditio-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.

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.

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.

ND.- Valor no Detectable.

Ppm.- Partes por millón, unidad de medida que se refiere a los miligramos que hay en un kg de disolución.

Reslope.- Punto medio de la curva de estándares, que ajusta la curva de calibración

Toxicidad.- Capacidad de una sustancia de producir efectos adversos en un determinado organismo, tejido o tipo de célula.

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.

13. ANEXOS



Fig. 4. Toma de muestra de agua superficial



Fig. 5. Toma de muestra sedimento



Fig. 6. Toma de muestra de organismos (*Mytella guyanensis*)



**Fig.7. Preservación de las
muestras de agua**



Fig. 8. Filtración de las muestras



Fig. 9. Adición de soluciones



**Fig. 10. Homogenización de
las muestras de agua**



Fig. 11. Extracción con APDC



Fig. 12. Evaporación de las muestras



Fig. 13. Secado al ambiente



Fig. 14. Disgregación



Fig. 15. Tamizado



Fig. 16. Secado en la estufa



Fig. 17. Preparación muestras de sedimento



Fig. 18. Filtración de las muestras



Fig. 19. Muestra de organismos



Fig. 20. Preparación muestras de organismos



Fig. 21. Muestras preparadas

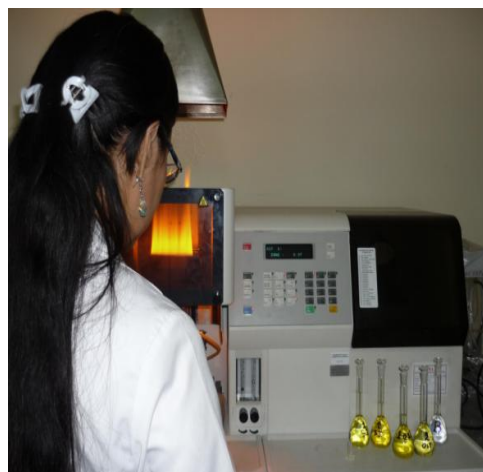


Fig. 22. Lectura de muestras

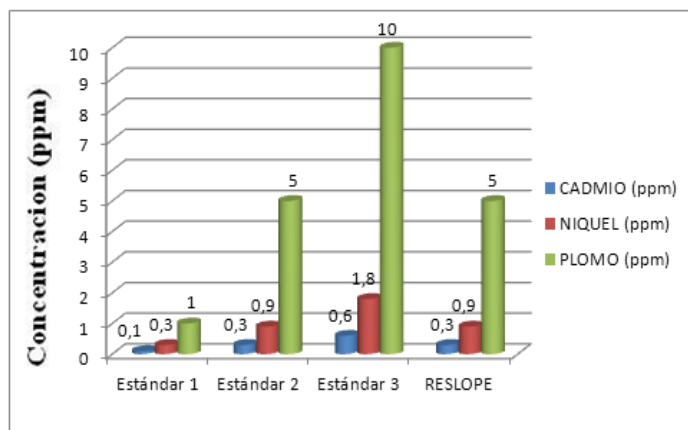


Fig. 23. Curva de calibración de estándares de cadmio, níquel y plomo

Resultados

Agua

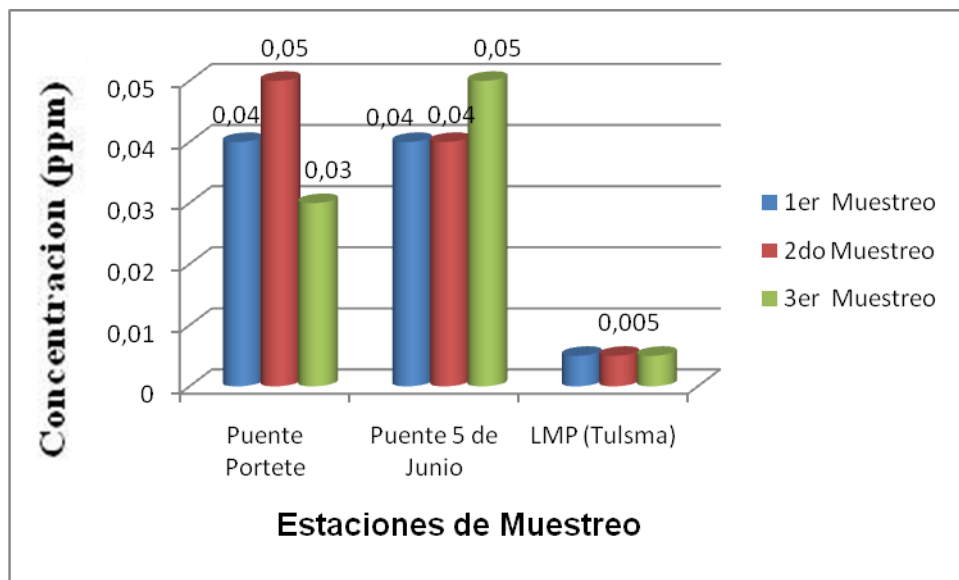


Fig. 24.- Concentración de cadmio en agua en los puentes Portete y 5 de Junio del Estero Salado.

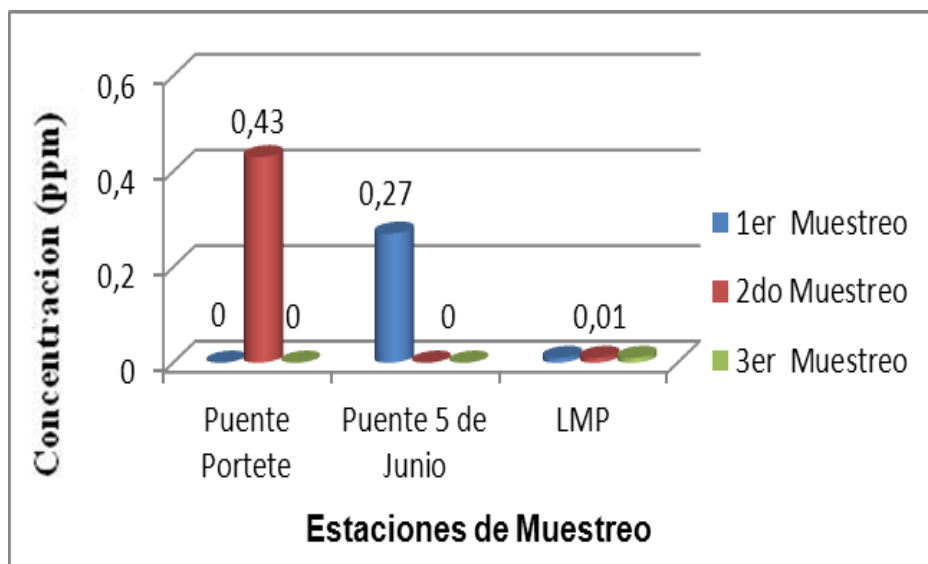


Fig. 25.- Concentración de plomo en agua en los puentes Portete y 5 de Junio del Estero Salado.

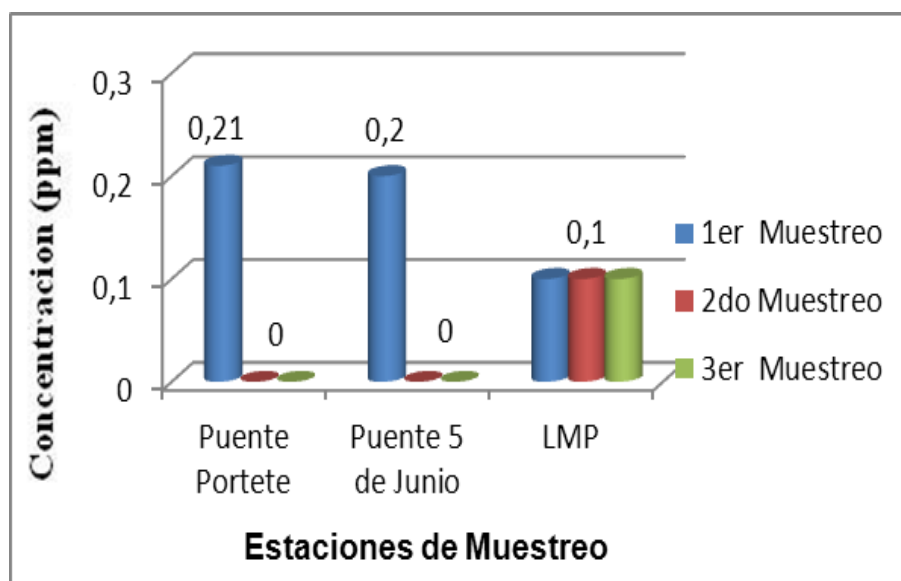


Fig. 26. Concentración de níquel en agua en los puentes Portete y 5 de Junio del Estero Salado.

Sedimento

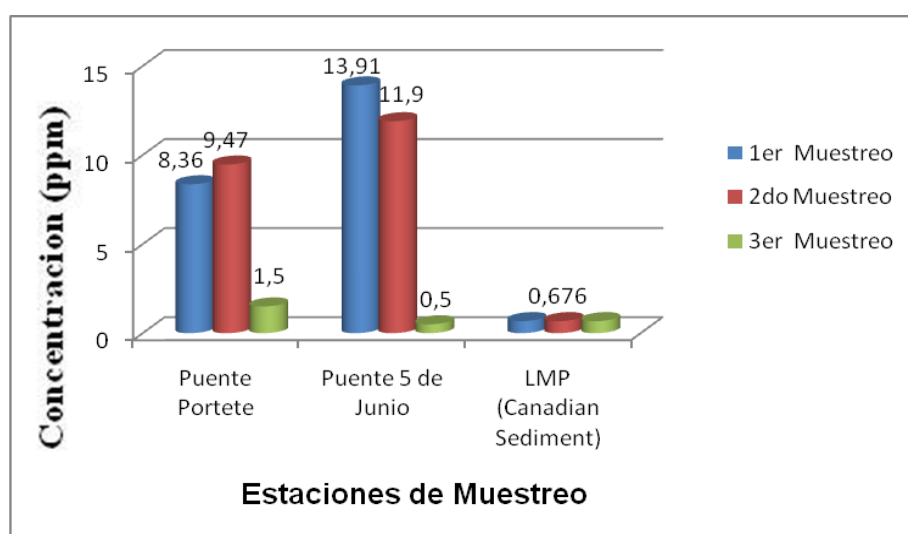


Fig. 27. Concentración de cadmio en sedimento en los puentes Portete y 5 de Junio del Estero Salado.

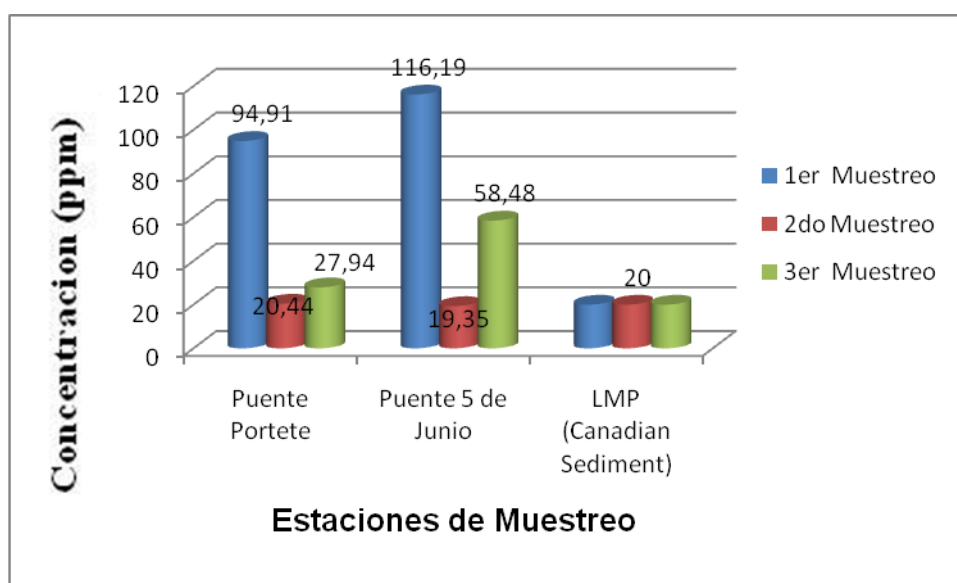


Fig. 28. Concentración de níquel en sedimento en los puentes Portete y 5 de Junio del Estero Salado.

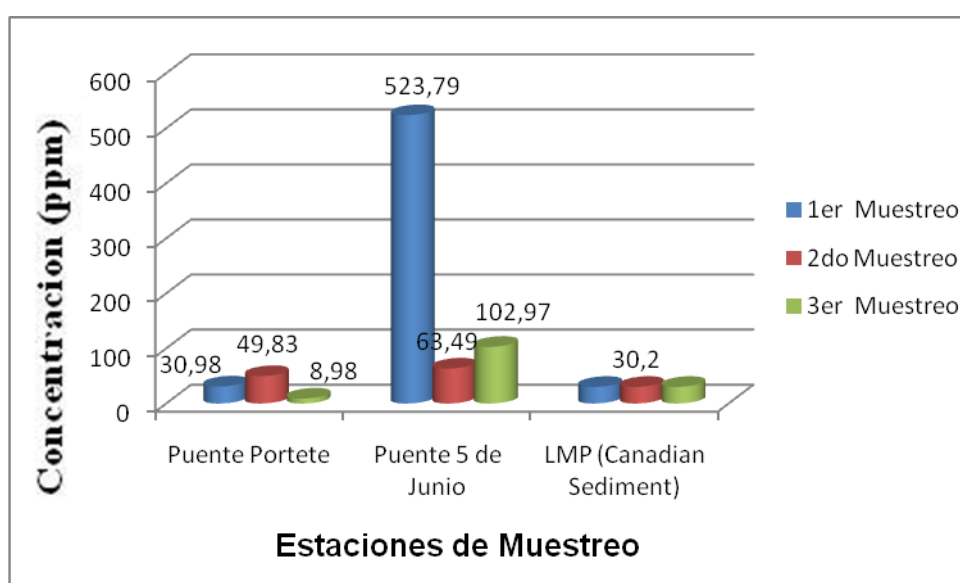


Fig. 29. Concentración de plomo en sedimento en los puentes Portete y 5 de Junio del Estero Salado.

Organismo

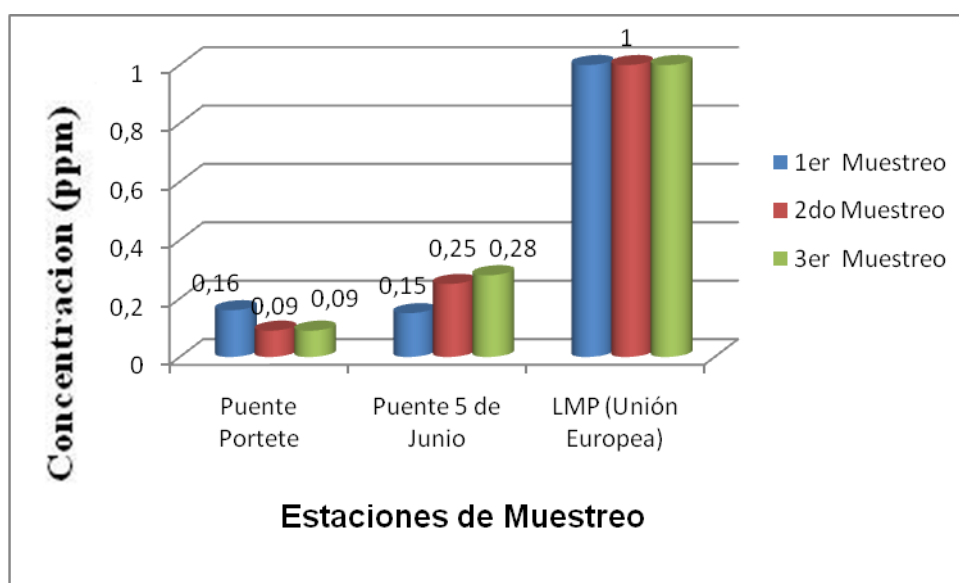


Fig. 30. Concentración de cadmio en organismos *Mytella guyanensis* en los puentes Portete y 5 de Junio del Estero Salado.

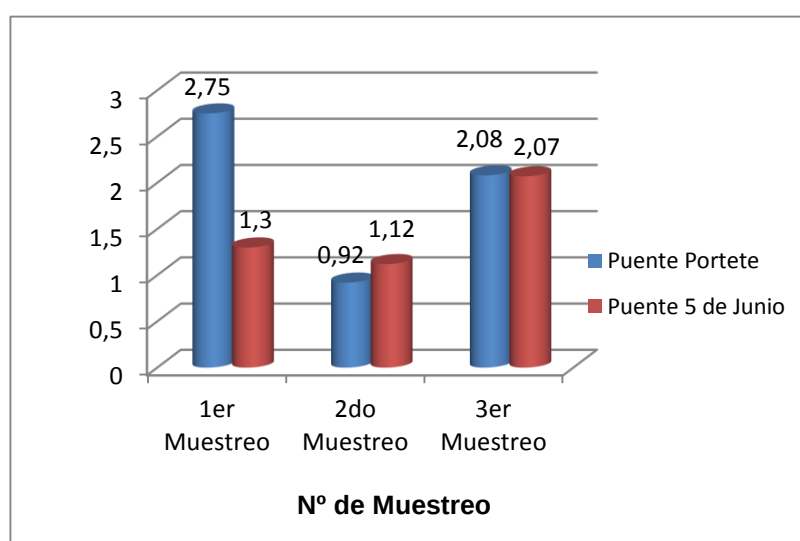


Fig. 31. Concentración de níquel en *Mytella guyanensis* en los puentes Portete y 5 de Junio del Estero Salado.

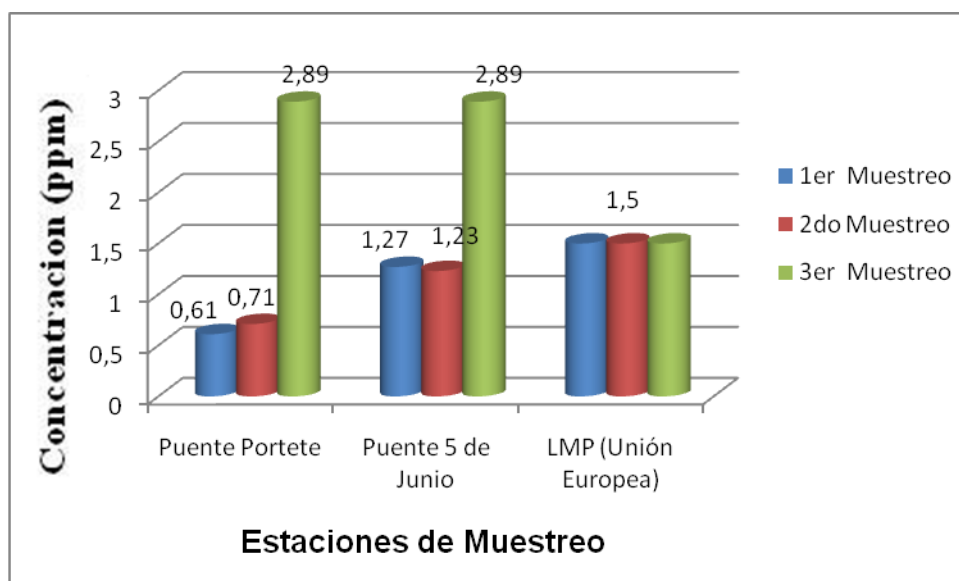


Fig. 32. Concentración de plomo en *Mytella guyanensis* en los puentes Portete y 5 de Junio del Estero Salado.

Parámetros físico-químicos

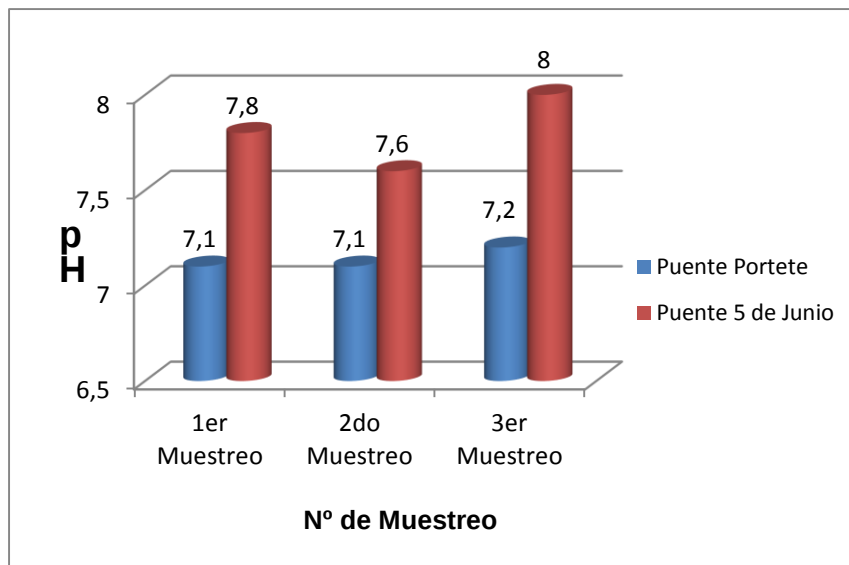


Fig. 33. Valores del pH del agua durante los tres muestreos

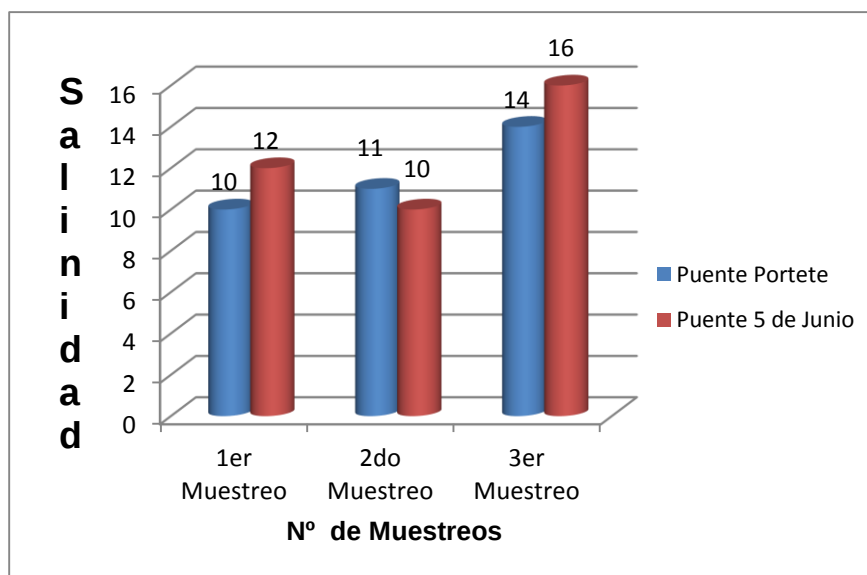


Fig. 34. Valores de la Salinidad del agua durante los tres muestreos