



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas,
Oceánicas y Recursos Naturales

“DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS (CADMIO, PLOMO,
MERCURIO Y CROMO) EN SEDIMENTOS DE PISCINAS
CAMARONERAS UBICADAS EN LA COMUNA DE PUERTO
ROMA DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS.”

INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ACUICULTURA

JORGE LUIS VILLACÍS TAGLE

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2017

AGRADECIMIENTOS

Primero quiero dar gracias a Dios por haberme guiado en cada momento de mi vida, y también haberme dado el privilegio tan grande de poder disfrutar cada logro, junto a mi familia y a mis amigos.

A mi abuelita que ha sido un pilar fundamental para mi vida, ya que siempre se ha caracterizado por inculcarnos valores, tanto a sus hijos como a nietos. Y esas enseñanzas me han ayudado a enfrentar a la vida de una mejor manera.

A mi hermana y mi cuñado que han sido ejemplos a nivel profesional y me han motivado para seguir adquiriendo conocimiento. Han sido las personas que me han brindado su apoyo en este presente trabajo con mucho ímpetu y esfuerzo.

A mis amigos y compañeros que a lo largo de mi carrera estudiantil han compartido momentos agradables y me han enseñado que trabajar con paciencia y en equipo se puede alcanzar el éxito

DEDICATORIA

El presente proyecto le dedico a mi madre que con tanto sacrificio me ha dado las cosas y de esa manera me ha permitido seguir creciendo como persona y como profesional. Y me ha enseñado a ser una persona responsable, honesta y con muchos valores.

A mis tías y mi tío que han sido una guía, en cada paso que me ha tocado enfrentar en la vida.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

M.Sc. Herrera Kleber

PROFESOR EVALUADOR

M.Sc. Landivar J. Jerry

PROFESOR EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente; y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

.....
Jorge Luis Villacís Tagle

RESUMEN

Se evaluó el contenido de metales pesados cadmio (Cd), plomo (Pb), cromo (Cr) y mercurio (Hg) en 12 muestras recolectadas en sedimentos de las piscinas camaroneras, ubicadas en la comuna de Puerto Roma en la provincia del Guayas. La determinación fue efectuada, empleando espectrofotometría de Absorción Atómica.

Los análisis fueron realizados con el propósito de determinar si las muestras recolectadas estaban dentro de los rangos límites permisibles de metales pesados según la norma Oficial Mexicana Nom-129-SSA1-1995 y la norma técnica de suelo-Secretaria Ambiental Ecuador.

Las concentraciones de metales pesados en sedimentos del área de estudio oscilaron: Cd (0,031- 0,067 mg/Kg), Pb (4,99-9,63 mg/kg), Hg (0,02-0,11 mg/Kg) y Cr (15,1-28,9 mg/Kg). Las concentraciones del contenido de plomo y cromo sobrepasaron los límites permisibles en diferentes puntos de muestreo seleccionado.

Todos los valores analizados en cada una de las muestras nos reflejan una gran problemática en el medio ambiente y dentro de la parte acuícola como un posible foco de la baja tasa de producción en el cultivo de camarón.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	iv
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
CAPITULO 1.....	1
1.1.- Introducción.....	1
1.2.- Antecedentes (zona, beneficiarios, contexto)	1
1.3.- Planteamiento del problema.....	5
1.4.- Justificación.....	5
1.5.- Objetivo general	6
1.6.- Objetivos específicos.....	6
CAPITULO 2.....	7
2.1.- Revisión de trabajos previos	7
Suelo	9
Sedimentos	9
Suelo humedal	10
Metales pesados.....	10
Contaminación del suelo	10
2.2.- Metodología	10
2.2.1.- Toma de muestras de sedimentos en las piscinas camaroneras de la comuna	11
2.2.2.- Procesos en el laboratorio para determinar los niveles de metales pesados encontrados en los sedimentos de las piscinas.....	11
Proceso de conservación de las muestras.....	11
Proceso de Secado de las muestras	12
Proceso de digestión de muestras.....	12

Proceso de utilización del horno digestor	13
Espectrofotometría de absorción Atómica.....	13
2.2.3 Tablas comparativas de metales pesados según las normas de Ecuador y de México	14
CAPITULO 3.....	15
3.1.- Análisis de resultados	15
CONCLUSIONES.....	23
DISCUSIÓN, RECOMENDACIONES.....	23
REFERENCIAS	24
ANEXOS	25
BIBLIOGRAFÍA.....	28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1: Puerto Roma – Principales actividades de la población.....	5
Tabla No. 2: NORMA Oficial Mexicana NOM-129-SSA1-1995.....	14
Tabla No. 3: Norma Técnica de Suelo- Secretaria Ambiental Ecuador.	14
Tabla No. 4: Detalle de la tomas de muestras de suelo por cada piscina.	17
Tabla No. 5: Cuadro de resultados de las muestras de suelos tomadas en el área de las piscinas.	18
Tabla No. 6: Cantidad de Mercurio mg/kg detectado en cada muestra de suelo.	19
Tabla No. 7: Cantidad de Plomo mg/kg detectado en cada muestra de suelo.	20
Tabla No. 8: Cantidad de Cadmio mg/kg detectado en cada muestra de suelo.....	21
Tabla No. 9: Cantidad de Cromo mg/kg detectado en cada muestra de suelo	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Ubicación Geográfica de Puerto Roma	3
Figura 1.2: Toma aérea de Puerto Roma	3
Figura 2.1: Rotulación de fundas para el muestreo	11
Figura 2.2: Maceración de las muestras recolectadas	12
Figura 2.4: Proceso de digestión de muestras	13
Figura 2.5: Determinación de metales en espectrofotómetro.....	13
Figura 3.1: Piscina de la comuna de Puerto Roma	15
Figura 3.2: Piscina debidamente seca donde se realizó la extracción de la muestra de suelo.....	15
Figura 3.3: Área de Extracción de muestra de suelo.....	16
Figura 3.4: Extracción de muestra de suelo en la compuerta de entrada y salida del agua.	16

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico No. 1: Resultados de la cantidad de Mercurio mg/kg obtenido en cada muestra de suelo.....	19
Gráfico No. 2: Resultados de la cantidad de Plomo mg/kg obtenido en cada muestra de suelo.....	20
Gráfico No. 3: Resultados de la cantidad de Cadmio mg/kg obtenido en cada muestra de suelo.....	21
Gráfico No. 4: Resultados de la cantidad de Cromo mg/kg obtenido en cada muestra de suelo.....	22

CAPITULO 1

1.1.- Introducción

En las últimas décadas con la aparición de las actividades industriales, han surgido temas relacionados al deterioro del medio ambiente, como es el caso de ciertas empresas que no incentivan a la conservación del ecosistema, más bien estas arrojan desechos que son nocivos para el medio que nos rodea. Por ello, es importante identificar las causas para contrarrestar los daños. Una detección temprana ayudará a preservar el medio ambiente.

En la actualidad las entidades gubernamentales a nivel nacional e internacional han motivado a la sociedad a involucrarse en actividades de preservación del medio ambiente. Las Instituciones de Educación Superior han implementado programas y proyectos de vinculación con la comunidad, con el fin de que los estudiantes contribuyan sus conocimientos adquiridos a lo largo de su carrera como aporte para la sociedad. Por tal motivo, surge de un proyecto de vinculación en el campo acuícola, un nuevo enfoque para tratar la problemática existente en la zona de Puerto Roma por la baja producción en el cultivo del camarón.

En base a estos antecedentes y la problemática existente, se ha evidenciado en la zona de Puerto Roma que existe un grupo de productores artesanales que se ven afectados a consecuencia de la contaminación y por ende su producción actual en el cultivo de camarón ha disminuido paulatinamente. También contribuye a la baja producción de camarón el desconocimiento que productores artesanales en el manejo y tratamiento de las piscinas donde se cultiva dicho crustáceo, por lo es de suma importancia conocer el entorno en el que se desarrolla dicho organismo.

Es por ello que el presente trabajo tiene como finalidad mostrar si existe una alta concentración de metales pesados en sedimentos de las piscinas camaroneras de Puerto Roma

1.2.- Antecedentes (zona, beneficiarios, contexto)

A medida que ha evolucionado la actividad industrial, los seres humanos han sido uno de los principales causantes de la acumulación de desechos, tanto en aguas como en suelos. La falta de compromiso hacia el medio ambiente y la búsqueda de los interés propios han ocasionado pérdidas irreparables en la biota marina y en el medio en general. La acumulación de sedimentos que son alteradas por el hombre en especial en zonas costeras provocan el desajuste en el equilibrio del ecosistema.

En el Ecuador a finales de la década de los 70, ha surgido la implementación de programas y estudios para contrarrestar el impacto ambiental, como el Plan de Recuperación del Estero Salado y el Tratamiento de las Aguas Servidas EMAG. En el año 2000 la M.I. Municipalidad de Guayaquil desarrolló el Plan Integral para la Recuperación del Estero Salado. Las instituciones gubernamentales y no gubernamentales han tomado medidas para la preservación de la vida acuática y el medio en el que se desenvuelve, logrando en cierta forma mitigar el daño existente.

El Ministerio del Ambiente del Ecuador a partir del 2011, mediante la Dirección de Información, Seguimiento y Evaluación, se establece el proyecto denominado, Identificación, Cálculo y Mitigación de la Huella Ecológica del Sector Público y Productivo del Ecuador; el cual tiene como prioridad impulsar el consumo sustentable de los recursos nacionales.

Actualmente en el Ecuador existe el Plan Nacional del Buen Vivir y de la Gestión Ambiental, liderada por La Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo, cuyos objetivos indican el de *“Promover un medio ambiente sano y sustentable y garantizar el acceso seguro de agua, aire y suelo”* (SENPLADES, 2013) [1]. La entidad gubernamental realiza actividades productivas que enmarcan la protección del medio ambiente y del manejo sustentable de los recursos naturales.

En el año 2010 el Gobierno del Ecuador implementó a través del Ministerio del Ambiente el Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS), cuyo objetivo es el de:

“...impulsar la gestión de los residuos sólidos en los Municipios del Ecuador, con un enfoque integral y sostenible; con la finalidad de disminuir la contaminación ambiental, mejorando la calidad de vida de los ciudadanos e impulsando la conservación de los ecosistemas; a través de estrategias, planes y actividades de capacitación, sensibilización y estímulo a los diferentes actores relacionados.” [2].

Estos programas gubernamentales fueron impulsados con la finalidad de mejorar el medio ambiente dando apoyo técnico y financiero para así cubrir las necesidades de urgencia que presentan las entidades Municipales.

La comuna de Puerto Roma está ubicada en el estuario del río Guayas, frente a la isla Mondragón, a 45 Km del centro de la ciudad de Guayaquil; la duración de este viaje fluvial es de hora y 45 minutos. En este sector del Golfo de Guayaquil el tiempo de viaje varía de acuerdo a factores que influyen en la velocidad de la embarcación como

son: estado de la marea, condiciones del río Guayas (especialmente) y el peso de la carga.

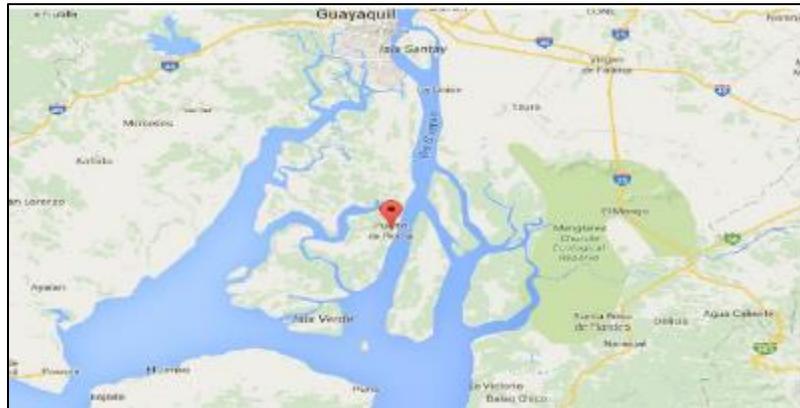


Figura 1.1: Ubicación Geográfica de Puerto Roma

Fuente: Google Earth, 2016

El clima de la comuna de Puerto Roma es monzónico, es decir, que existe la intervención de masas de aire cálidos, húmedos y tropicales como en las zonas del Golfo de México, Centro América, Asia suroriental, entre otras. Además posee un verano marcado por meses secos con 23°C de temperatura promedio y un invierno con precipitaciones de 900 mm aproximadamente, con 26°C, humedad relativa entre 70% y 80%.



Figura 1.2: Toma aérea de Puerto Roma

Fuente: Ciuhabitat, 2015

Los suelos de la comuna de Puerto Roma es un sector que anteriormente existía acumulación de mangles, estos mangles como se conocen es la acumulación de sedimentos.

Como referencia, se puede mencionar que actualmente donde están ubicadas las piscinas en el que se cultivan los camarones, existía una extensión de mangle en este sector, lo cual es ideal para el enriquecimiento de propiedades para el desarrollo del camarón. Como es de conocimiento el mangle, acumula sedimentos, por ende permite crear las piscinas en los terrenos con las mejores condiciones del suelo, esto se evidencia ya que muchos productores de camarón artesanales se han visto atraído por este sector de Puerto Roma para el criadero y producción de dicha especie en estos últimos tiempos. El camarón soporta rangos altos de salinidad. Es por esto que este sitio donde antes existe un mangle cumple con las características propicias en el cual el camarón se ambienta para su normal crecimiento sin perjuicio alguno.

Pero estas piscinas debe tener el control adecuado de la acumulación de sedimentos en cada uno de los procesos de producción por lo cual el no realizar mantenimiento a las piscinas una vez realizada la extracción de los camarones esto puede causar a corto plazo que exista la concentración en niveles altos de sedimentos los cuales alojen metales pesados que afectan de manera negativa a las larvas que se vayan a cultivar en este nuevo periodo de producción.

Se recomienda para evitar la pérdida en la producción del cultivo de camarón realizar de manera periódica una vez realizada la extracción de los camarones aplicará a este terreno donde se efectuó dicha producción la remoción del suelo, para poder darle las condiciones propicias para la nueva producción de camarón.

Con esta remoción permitirá disipar aquellos sedimentos acumulados como son; materia orgánica, desechos de los camarones, excesos de alimentos no consumidos por los camarones y otros factores negativos que afectan el suelo. En el momento que las piscinas son secadas luego de la cosecha, la tierra nos permite dar un registro de todo aquel material que ha sido depositado y que actualmente está acumulada por el vacíos de las piscinas.es por ello que se a realizar como primera instancia al estudio central de la investigación del suelo.

En esta población, el 92% de los habitantes desempeñan actividades extractivas de crustáceos y moluscos de manera artesanal (INEC, 2010). La actividad manufacturera está relacionada con la elaboración de artículos necesarios para la actividad de captura y recolección de recursos de la zona.

A continuación se detalla mediante una tabla las principales actividades de la población en Puerto Roma.

Actividades	Número de Personas	%
Agricultura, Ganadería y pesca	294	91,9
Industria Manufacturera	2	0,6
Construcción	2	0,6
Comercio al por Mayor y menor	2	0,6
Actividades de alojamiento y servicios de comida	1	0,3
enseñanzas	3	0,9
Actividades de atención a la salud	1	0,3
No declarado	15	4,7
Total	320	100

Tabla No. 1. Puerto Roma – Principales actividades de la población

Fuente: INEC-Censo Poblacional 2010

1.3.- Planteamiento del problema

Actualmente en la zona de Puerto Roma existe una baja producción de camarón, por lo que los productores artesanales se ven afectada de manera económica. La escasa producción de camarón no solo representa pérdidas económicas sino que también representa una pérdida de tiempo, ya que para esta actividad, el lapso considerable de producción es de tres a cuatro meses.

Es por ello, que este estudio tiene como finalidad determinar las concentraciones de metales pesados que existen en las piscinas camaroneras en la zona de Puerto Roma, mediante el procedimiento de la espectrofotometría de absorción atómica, ya que por medio de esta técnica, nos permitirá valorar el grado de contaminación que existe en el suelo. Cabe mencionar que la detección de exceso de metales pesados en piscinas camaroneras causa en los organismos vivos estrés, manifestándose de forma sub-letal o incluso provocar la muerte.

1.4.- Justificación

Se pudo evidenciar durante las visitas semanales efectuadas en un periodo de 3 meses en la zona de Puerto Roma, lugar donde se estableció la realización de mis horas de prácticas de vinculación con la sociedad, pude observar que no existe un proceso previo para el acondicionamiento de las piscinas camaroneras. Los pequeños productores artesanales de la comuna no cuentan con el conocimiento adecuado para la preparación de la tierra, esto ha producido que con el pasar del tiempo se acumulen sedimentos que puedan ocasionar a corto plazo un retardo en el crecimiento de las larvas o incluso llegar a provocar la muerte en la etapa inicial del camarón.

Es de suma importancia conocer, que para tener una adecuada producción del cultivo de camarón se consideran las condiciones del agua y del suelo. Una de las características de los camarones es que son bentónicos, es decir, permanecen en el fondo del agua y por ende se alimentan del suelo. Por ello, el estudio se enfocará en la determinación de metales pesados en sedimentos para mostrar si los valores obtenidos pueden ser la causa del actual problema, que es la baja producción de cultivo de camarón.

1.5.- Objetivo general

Determinar la concentración de metales pesados en sedimentos de piscinas camaroneras ubicadas en la Comuna de Puerto Roma de la provincia del Guayas, mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica para cuantificar el grado de toxicidad en el suelo.

1.6.- Objetivos específicos

Realizar la toma de muestras de sedimentos en las piscinas camaroneras de la comuna.

Analizar el proceso de espectrofotometría de absorción atómica en el laboratorio para determinar los niveles de metales pesados encontrados en los sedimentos de las piscinas.

Realizar una tabla comparativa de metales pesados localizados en las muestras de la localidad de Puerto Roma con los rangos permisibles de metales pesados según la norma internacional (Oficial Mexicana Nom-129-SSA1-1995) [3] y norma técnica de suelo- Secretaria Ambiental Ecuador.

CAPITULO 2

2.1.- Revisión de trabajos previos

Los metales pesados son conocidos como contaminantes perjudiciales para el aire, agua y tierra. Se denomina metal pesado todo aquel elemento que posee una densidad igual o superior a los 5 gr cm³. Entre los principales se tiene al Cadmio (Cd), Cromo (Cr), mercurio (Hg), y plomo (Pb). (Toro, 2013) [4]

E. Galán y A. Romero publicaron en 2008 para la Revista de la Sociedad Española de Mineralogía con el tema de Contaminación de Suelos por Metales Pesados, en la que hacen referencia a los elementos químicos y compuestos orgánicos como causantes de la contaminación. Además menciona que los “verdaderos contaminantes son de origen antropogénicos”, es decir, que es el resultado de los efectos de las actividades humanas.

E. Galán y A. Romero sostienen que “de los 70 elementos de la tabla periódica, 59 de ellos pueden ser considerados como metales pesados”, ya que son aquellos elementos químicos que poseen alta densidad y que son tóxicos para la vida humana. Asimismo añade;

“La mayoría de los metales tienden a estar más disponibles a pH ácido porque son menos fuertemente absorbidos, excepto As, Mo, Se y Cr, que son más móviles a pH alcalino. El aumento de la salinidad puede incrementar la movilización de metales y su retención por dos mecanismos. Primeramente, los cationes Na y K pueden reemplazar a metales pesados en lugares de intercambio catiónico. En una segunda fase, los aniones cloruro y sulfato pueden formar compuestos más estables con metales tales como Pb, Zn, Cu, Cd y Hg. Por otra parte, las sales normalmente dan pH alcalino” [5].

Los residuos domésticos como la basura están compuestos aproximadamente en un 10% por metales (Galán, 2008). Es por ello, que si dichos desechos no controlados son enterrados en el suelo pueden ser fuente contaminante para el suelo, aguas superficiales y/o subterráneas. Para que estos desechos que contienen cierto porcentaje de metales sean libres o puedan abandonar el suelo se pueden dar por procesos de volatilización, disolución, lixiviado o erosión.

R. Laino-Guanes publicó un artículo en el 2015 [6] con el tema de Concentración de Metales en Agua y Sedimentos de la Cuenca Alta del Río Grijalva, frontera México-Guatemala en la que indica que de forma particular ha considerado contaminantes de

alto grado de toxicidad como el As, Cd, Cr, Hg y el Pb y añade que existen otros metales como el Cu y el Zn que si exceden los niveles de concentración pueden resultar tóxicos, ya que ciertos metales tienden a acumularse en animales acuáticos (bioacumulación) y a medida que asciende en los niveles tróficos alcanzan concentraciones continuamente mayores que ocasiona un riesgo en la salud para las personas que los consumen.

Moncayo D. publicó en el 2010 [7] para la Revista Ciencias del Mar y Limnología con el tema de Niveles de Mercurio, Cadmio y Plomo en productos pesqueros de Exportación en la que se referencia al cadmio como un metal no esencial altamente tóxico y que es obtenido del Zinc y del plomo como subproducto en el tratamiento metalúrgico y que en conjunto a otras actividades industriales como son los fertilizantes, galvanizantes, son significativas fuentes de contaminación ambiental. La acumulación en el cuerpo humano de cadmio podría producir disfunción renal, como también daños en el esqueleto y mal funcionamiento reproductivo.

Naturalmente el plomo es un metal altamente tóxico que se encuentra localizado en el suelo. La exposición prolongada por este metal produce daños en el sistema nervioso y hematopoyético. (Moncayo, 2010).

Los metales pesados tienden a acumularse a largo plazo en los suelos y es prácticamente imposible su remoción (SIEBE,1994) [8].

Norma A. Cuizano y Abel E. Navarro publicaron en el 2008 [9] un artículo de Biosorción de Metales Pesados por Algas Marinas: Posible Solución a la Contaminación Bajas Concentraciones mencionaron que, con el fin de eliminar los metales tóxicos de las aguas de desecho, se realizaron números esfuerzos los cuales destacaron métodos de: micro- precipitación, ósmosis, electro-deposición, adsorción resinas de intercambio iónico, filtración, ultra-centrifugación, entre otros. Pero añadieron que estos métodos son altamente costosos y no funcionan a bajas concentraciones de metales pesados. Existen microorganismos que son utilizados como biosorbentes, recogidos a partir de ecosistemas contaminados, que en tiempos cortos retienen metales pesados en el agua en el momento de entrar en contacto con soluciones de estos metales.

Mencionan Norma A. Cuizano y Abel E. Navarro, que en el ámbito de la Biosorción (acumulación de sustancias de metales tóxicos), se pueden clasificar en tres categorías fundamentales: metales tóxicos (Hg, Cr, Pb, Cu, Ni, Cd, As, entre otros.), metales preciosos (Pd, Pt, Ag, Au, entre otros.) y radionúclidos (U, Th, Ra, Am, entre otros).

Los biosorbentes como las algas marinas que crecen de forma natural en los mares y océanos son otro de los métodos que se implementan para la eliminación de metales pesados en bajas concentraciones. Existen dos grupos de algas que funcionan como adsorbentes de metales pesados, los cuales son los alginatos y fucoidanos, ambos son de clase polisacárida. (Norma A. Cuizano y Abel E. Navarro, 2008).

El cromo es un elemento que se encuentra distribuido en la corteza terrestre, puede presentar rangos de +2 a +6, siendo Cr +6 nocivo para la salud humana por ser un potente agente cancerígeno. Los principales autores causantes de la contaminación ambiental con cromo, son las actividades industriales tales como fungicidas, preservadores de telas, fabricación de explosivos, entre otras. (Jimenez, 2012) [10].

La autora Patricia Toro, en su investigación acerca de la “Determinación de los metales pesados Cobalto, Mercurio y Plomo en la represa Daule Peripa por medio de Espectrómetro de emisión atómica con fuente de Plasma de argón con Acoplamiento Inductivo”, menciona al mercurio como el elemento altamente tóxico que se puede encontrar en el agua y suelo. La ingesta de este elemento llega a ser perjudicial para los peces, mariscos y animales que se alimentan de peces ocasionan. Por otra parte la exposición de mercurio en los seres humanos ocasiona irritación de la piel, obstrucción a las vías respiratorias y en dosis bajas produce debilidad, pérdida de peso, diarrea, insomnio, fatiga, entre otros.

Suelo

El suelo tiene varios significados, se lo conoce como el medio natural para el crecimiento de los organismos vivos, otro contexto es que está compuesto de materiales de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua. (FAO, 2017) [11].

La calidad del suelo es un indicador clave para determinar las funciones agrícolas de producción y economía como también en las ambientales, es decir la captura de carbono y calidad de aire. Además los suelos actúan como mecanismo para la reducción y/o adaptación del cambio climático. (MAE, 2015) [12].

Sedimentos

Es el acumulamiento de partículas suspendidas en un líquido que se dirigen hacia el fondo del suelo. Ocurre cuando cesa el movimiento por transporte y se llega a una posición de reposo. En las piscinas acuícolas se encala para mantener un pH en los sedimentos por arriba de 7. Normalmente hay demasiado oxígeno disuelto en la columna de agua y la materia orgánica que entra a las piscinas acuícolas, tienden a descomponerse con facilidad. (GAA, 2016) [13].

Suelo humedal

Los suelos humedales se caracterizan por la presencia de agua durante periodos prolongados, abarca todos los lagos y ríos, estuarios, manglares, arrecifes y sitios artificiales como estanques piscícolas, arrozales, reservorios, salinas y zonas costeras. Son humedales las superficies cubiertas de agua ya sea de origen natural o artificial, permanente o eventual, dulce, salobre o salado y cuya profundidad no exceda de seis metros en marea baja. (MAE, 2015) [14].

Los humedales son de vital importancia para las diversas especies que habitan en esas zonas, ya que además ayudan a controlar la erosión y traslado de sedimentos, aumentando la capacidad para recuperarse de las perturbaciones del medio.

Metales pesados

Los metales pesados son los principales causantes de la contaminación del aire, el agua, el suelo y las plantas, cuando se encuentran en altas concentraciones o se acumulan en el suelo y afecta a los eslabones de la cadena trófica.

Los metales pesados son contaminantes que ingresan al sedimento desde los cuerpos de aguas ocasionando un aumento significativo de las concentraciones en el tiempo y luego bioacumulación en los organismos que son parte del ecosistema.

Contaminación del suelo

Los metales pesados intervienen en varios procesos que se incorporan en el suelo, principalmente por las actividades que son realizadas por el hombre y que causa daños en el medio ambiente.

2.2.- Metodología

Se procedió a la recolección de las 12 muestras de sedimentos. Se realizó durante el mes de diciembre del 2016, donde se tomaron en puntos claves de cada piscina seca, en la Comuna de Puerto Roma. Cabe mencionar que algunas piscinas tienen canales de entrada y salida de agua, y existen otras, que su salida de agua es por la misma vía a la de entrada. Se tomaron muestras en las entradas y en las mesas de cada una de las piscinas.

La recolección se realizó con tubos cilíndricos de PVC de 10 cm de diámetro y 5 cm de altura. Las muestras recolectadas se almacenaron en fundas plásticas con cierre hermético, se sacó el aire que se encontraba en su interior y se protegieron de la luz del sol (AOAC-2006)- química del suelo (Leandro, 2007) [15], luego se procedió a llevarlas al laboratorio para que sean analizadas, por medio del proceso de espectrofotometría de absorción atómica, que nos permitirá determinar si se

encuentran en el grado de permisibilidad de metales según las normas internacionales, que se encuentra en cada una de las muestras.

2.2.1.- Toma de muestras de sedimentos en las piscinas camaroneras de la comuna

Para poder iniciar el proceso de recolección de muestras, se tomó en cuenta a las piscinas que se encontraban debidamente secas. Antes de iniciar con el proceso de recolección se rotulan las fundas esterilizadas donde van a ser depositadas las muestras. Se toma como puntos claves para el análisis, la entrada y en la mesa de cada piscina para su debida recolección. Una vez terminado la logística del trabajo se procede a realizar la actividad. Luego de haber terminado con la recolección de muestras, se realiza el traslado hacia el laboratorio de una manera adecuada utilizando una hielera para evitar que tenga contacto directo con la luz solar y así obtener buenos resultados en el laboratorio posteriormente.



Figura 2.1: Rotulación de fundas para el muestreo

FUENTE: Autor del Proyecto

2.2.2.- Procesos en el laboratorio para determinar los niveles de metales pesados encontrados en los sedimentos de las piscinas

A continuación se detallan los procesos para la determinación de metales pesados en sedimentos de las piscinas camaroneras en la comuna de Puerto Roma:

Proceso de conservación de las muestras

Una vez obtenida las muestras en el laboratorio se procede almacenarlas en refrigeración a una temperatura aproximadamente a 4 grados centígrados, para poder posteriormente seguir con el proceso de análisis.

Proceso de Secado de las muestras

Se descongela cada muestra en el laboratorio se procede a utilizar 30 gr, se deja secar <60 grados centígrados hasta que la muestra este totalmente sin agua. El tiempo de secado demora de 2 a 3 días, una vez secadas las muestras, con ayuda de un mortero se proceden a macerar, hasta que se obtenga unas muestras totalmente pulverizadas, es importante que las muestras pulverizadas sean almacenadas en un recipiente que este herméticamente sellado para evitar el ingreso de la humedad.



Figura 2.2: Maceración de las muestras recolectadas

FUENTE: Autor del Proyecto

Proceso de digestión de muestras

Dentro del proceso de digestión se procede adicionar ácidos como Nítrico, ácido Clorhídrico y otros reactivos como el peróxido de Hidrógeno al 30% de concentración y cual contiene un grado de pureza destinado específicamente para metales pesados.

Se utiliza 500 gr de la muestra pulverizada, luego se añade de manera fija el peróxido de hidrógeno para cada muestra y posteriormente según el tipo de metal pesado que se quiera analizar, dependerá del tipo de ácido que utilice.



Figura 2.3: Conservación de las muestras para proceso de digestión

FUENTE: Autor del Proyecto

Proceso de utilización del horno digestor

Se coloca la muestra con el ácido y al resultado de la muestra líquida es la que se va obtener para luego iniciar con el proceso de espectrofotometría de absorción atómica, todo este proceso demora aproximadamente de 2 a 3 horas. La utilización del horno permite como máximo colocar doce muestras en su interior para el análisis

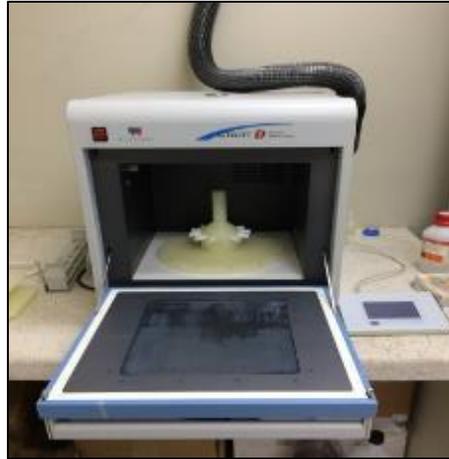


Figura 2.4: Proceso de digestión de muestras

FUENTE: Autor del Proyecto

Espectrofotometría de absorción Atómica

La técnica de absorción atómica es una forma concisa que consta de la muestra en forma líquida que es aspirada a través de un tubo capilar y conducida a un nebulizador donde ésta se desintegra y forma un rocío o pequeñas gotas de líquido.



Figura 2.5: Determinación de metales en espectrofotómetro

FUENTE: Autor del Proyecto

2.2.3 Tablas comparativas de metales pesados según las normas de Ecuador y de México

ESPECIFICACIONES	LÍMITE MÁXIMO (MG/KG)
Cadmio (Cd)	0,5
Mercurio (como Hg)	1,0
Plomo (Pb)	1,0

Tabla No. 2: NORMA Oficial Mexicana NOM-129-SSA1-1995.

ESPECIFICACIONES	LÍMITE MÁXIMO (MG/KG)
Cromo (Cr)	20,0

Tabla No. 3: Norma Técnica de Suelo- Secretaría Ambiental Ecuador.

Con estas tablas antes mencionadas, se determinará el grado de permisibilidad de metales pesados, que servirá como guía para comparar resultados obtenidos de las muestras de sedimentos en piscinas camaroneras de la comuna de Puerto Roma.

CAPITULO 3

3.1.- Análisis de resultados

Para la realización del análisis del suelo de las piscinas camaroneras de la comuna de Puerto Roma, se tomaron muestras del suelo al momento que las piscinas se encontraran debidamente secas ya que de esta forma nos permitió extraer una mayor acumulación de sedimentos.



Figura 3.1: Piscina de la comuna de Puerto Roma
FUENTE: Autor del Proyecto



Figura 3.2: Piscina debidamente seca donde se realizó la extracción de la muestra de suelo.

FUENTE: Autor del Proyecto

Otro de los puntos adecuados para la toma de muestras de suelo fue en el área determinada para la entrada y salida del agua de las piscinas.



Figura 3.3: Área de Extracción de muestra de suelo.

FUENTE: Autor del Proyecto



Figura 3.4: Extracción de muestra de suelo en la compuerta de entrada y salida del agua.

FUENTE: Autor del Proyecto

Resumen de muestras tomadas según si punto de recolección dentro de las piscinas.

DESCRIPCIÓN EN TOMAS DE MUESTRAS DE SUELO		
PISCINA	MUESTRAS TOMADAS	PUNTO DE RECOLECCIÓN
PISCINA 1	MUESTRA #01	MESA
	MUESTRA #02	ENTRADA
	MUESTRA #11	SALIDA
PISCINA 2	MUESTRA #03	ENTRADA
	MUESTRA #07	MESA
PISCINA 3	MUESTRA #04	ENTRADA
	MUESTRA #05	SALIDA
	MUESTRA #06	MESA
PISCINA 4	MUESTRA #08	MESA
	MUESTRA #12	ENTRADA
PISCINA 5	MUESTRA #09	MESA
	MUESTRA #10	ENTRADA

Tabla No. 4: Detalle de la toma de muestras de suelo por cada piscina.

DESCRIPCIÓN EN TOMAS DE MUESTRAS DE SUELO						
PISCINA	MUESTRAS TOMADAS	Mercurio mg/Kg	Plomo mg/Kg	Cadmio mg/Kg	Cromo** mg/Kg	PUNTO DE RECOLECCIÓN
<i>Rango máximo permisible de metales pesados*</i>		1,0	1,0	0,5	20,0	
PISCINA 1	MUESTRA #01	0,0324	5,32	0,053	23,1	MESA
	MUESTRA #02	0,0353	6,25	0,047	25,5	ENTRADA
	MUESTRA #11	0,0886	7,85	0,055	16,9	SALIDA
PISCINA 2	MUESTRA #03	0,1096	7,29	0,067	28,9	ENTRADA
	MUESTRA #07	0,0625	6,78	0,052	19,7	MESA
PISCINA 3	MUESTRA #04	0,0653	5,02	0,043	19,5	ENTRADA
	MUESTRA #05	0,1145	8,01	0,044	18,7	SALIDA
	MUESTRA #06	0,0329	6,35	0,057	16,7	MESA
PISCINA 4	MUESTRA #08	0,0536	6,07	0,048	20,1	MESA
	MUESTRA #12	0,0299	4,99	0,031	15,1	ENTRADA
PISCINA 5	MUESTRA #09	0,0586	7,21	0,049	17,9	MESA
	MUESTRA #10	0,0363	9,63	0,046	18,7	ENTRADA

Tabla No. 5: Cuadro de resultados de las muestras de suelos tomadas en el área de las piscinas.

A continuación se detalla la cantidad de Mercurio mg/kg que se detectó en cada muestra de suelo que fue tomada en las piscinas, conforme análisis realizado en laboratorio.

Muestra	Mercurio mg/Kg
MUESTRA #01	0,0324
MUESTRA #02	0,0353
MUESTRA #03	0,1096
MUESTRA #04	0,0653
MUESTRA #05	0,1145
MUESTRA #06	0,0329
MUESTRA #07	0,0625
MUESTRA #08	0,0536
MUESTRA #09	0,0586
MUESTRA #10	0,0363
MUESTRA #11	0,0886
MUESTRA #12	0,0299

Tabla No. 6: Cantidad de Mercurio mg/kg detectado en cada muestra de suelo.

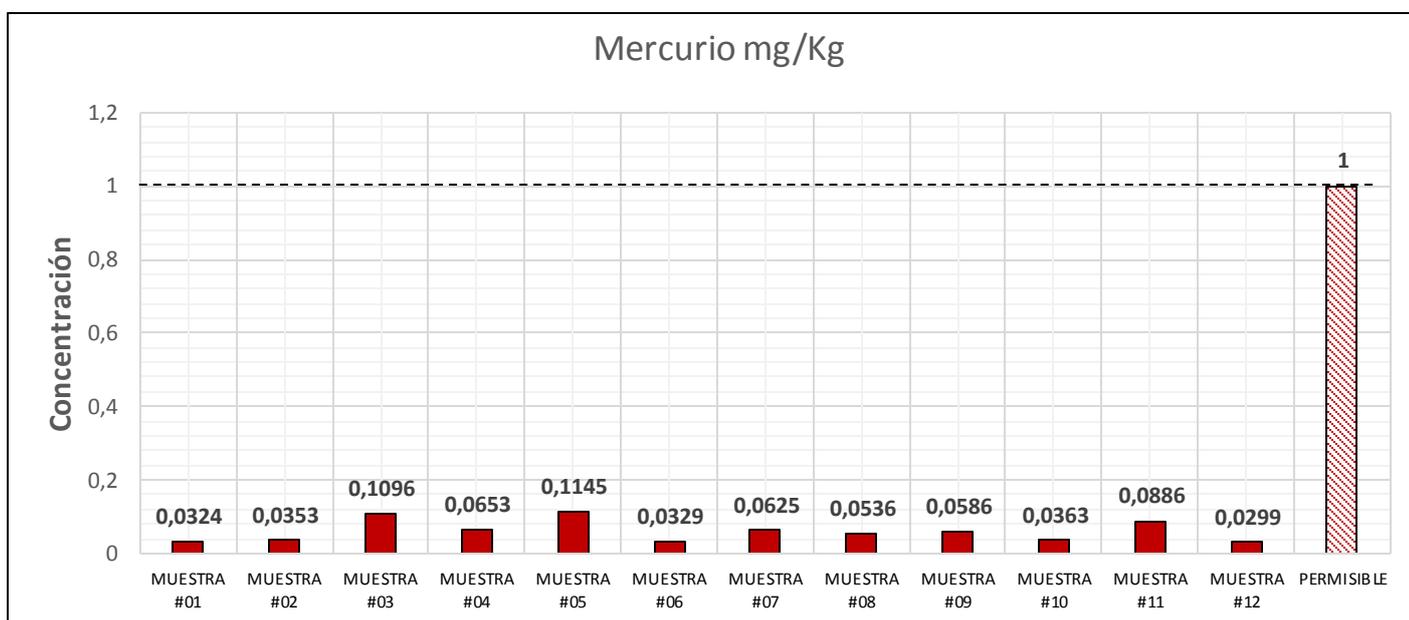


Gráfico No. 1: Resultados de la cantidad de Mercurio mg/kg obtenido en cada muestra de suelo

Conforme a los resultados obtenidos de las muestras de suelo podemos indicar que no se han encontrado anomalías según el grado límite máximo de permisibilidad de Mercurio, como se muestra en el Gráfico No. 1 la cantidad de Mercurio mg/kg no sobrepasa el límite máximo de permisibilidad el cual es de 1,0 mg/kg.

A continuación se detalla la cantidad de Plomo mg/kg que se detectó en cada muestra de suelo que fue tomada en las piscinas, conforme análisis realizado en laboratorio.

Muestra	Plomo mg/Kg
MUESTRA #01	5,32
MUESTRA #02	6,25
MUESTRA #03	7,29
MUESTRA #04	5,02
MUESTRA #05	8,01
MUESTRA #06	6,35
MUESTRA #07	6,78
MUESTRA #08	6,07
MUESTRA #09	7,21
MUESTRA #10	9,63
MUESTRA #11	7,85
MUESTRA #12	4,99

Tabla No. 7: Cantidad de Plomo mg/kg detectado en cada muestra de suelo.

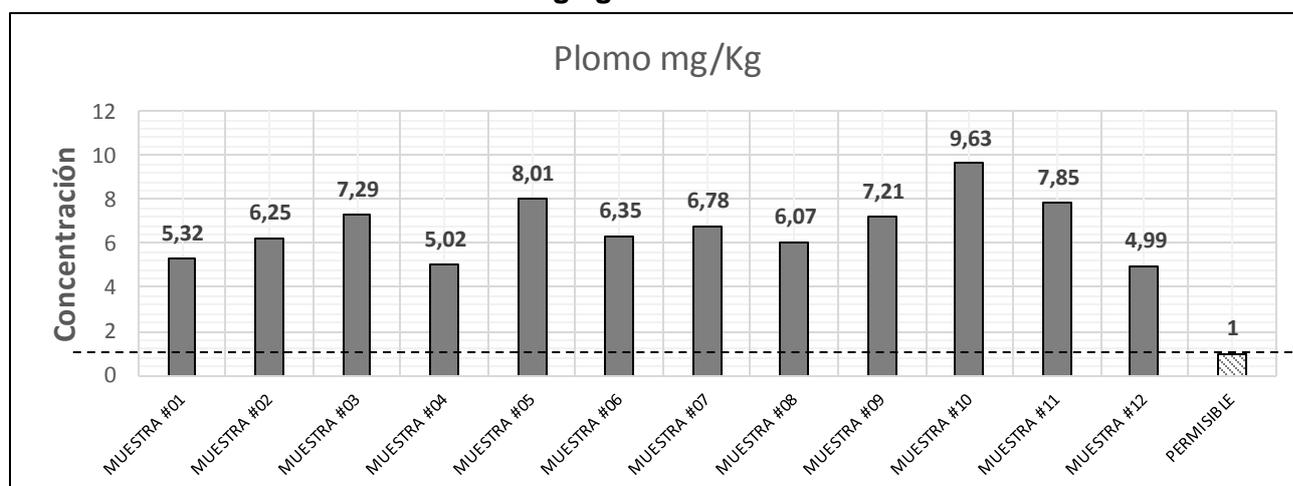


Gráfico No. 2: Resultados de la cantidad de Plomo mg/kg obtenido en cada muestra de suelo

Conforme a los resultados obtenidos de las muestras de suelo podemos indicar que se han encontrado anomalías según el grado límite máximo de permisibilidad de Plomo, como se muestra en el Gráfico No. 2 la cantidad de Plomo mg/kg sobrepasa el límite máximo de permisibilidad el cual es de 1,0 mg/kg.

A continuación se detalla la cantidad de Cadmio mg/kg que se detectó en cada muestra de suelo que fue tomada en las piscinas, conforme análisis realizado en laboratorio.

Muestra	Cadmio mg/Kg
MUESTRA #01	0,053
MUESTRA #02	0,047
MUESTRA #03	0,067
MUESTRA #04	0,043
MUESTRA #05	0,044
MUESTRA #06	0,057
MUESTRA #07	0,052
MUESTRA #08	0,048
MUESTRA #09	0,049
MUESTRA #10	0,046
MUESTRA #11	0,055
MUESTRA #12	0,031

Tabla No. 8: Cantidad de Cadmio mg/kg detectado en cada muestra de suelo

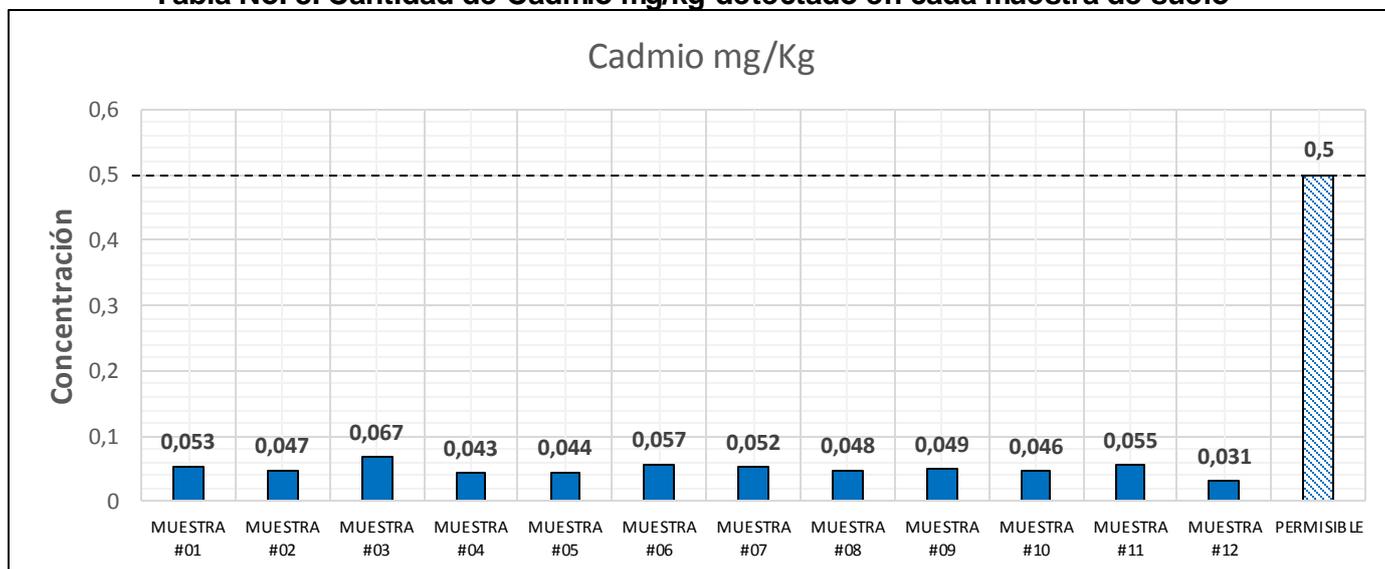


Gráfico No. 3: Resultados de la cantidad de Cadmio mg/kg obtenido en cada muestra de suelo

Conforme a los resultados obtenidos de las muestras de suelo podemos indicar que no se han encontrado anomalías según el grado límite máximo de permisibilidad de Cadmio, como se muestra en el Gráfico No. 3 la cantidad de Cadmio mg/kg no sobrepasa el límite máximo de permisibilidad el cual es de 0,5 mg/kg.

A continuación se detalla la cantidad de Cromo mg/kg que se detectó en cada muestra de suelo que fue tomada en las piscinas, conforme análisis realizado en laboratorio.

Muestra	Cromo total mg/Kg
MUESTRA #01	23,1
MUESTRA #02	25,5
MUESTRA #03	28,9
MUESTRA #04	19,5
MUESTRA #05	18,7
MUESTRA #06	16,7
MUESTRA #07	19,7
MUESTRA #08	20,1
MUESTRA #09	17,9
MUESTRA #10	18,7
MUESTRA #11	16,9
MUESTRA #12	15,1

Tabla No. 9: Cantidad de Cromo mg/kg detectado en cada muestra de suelo

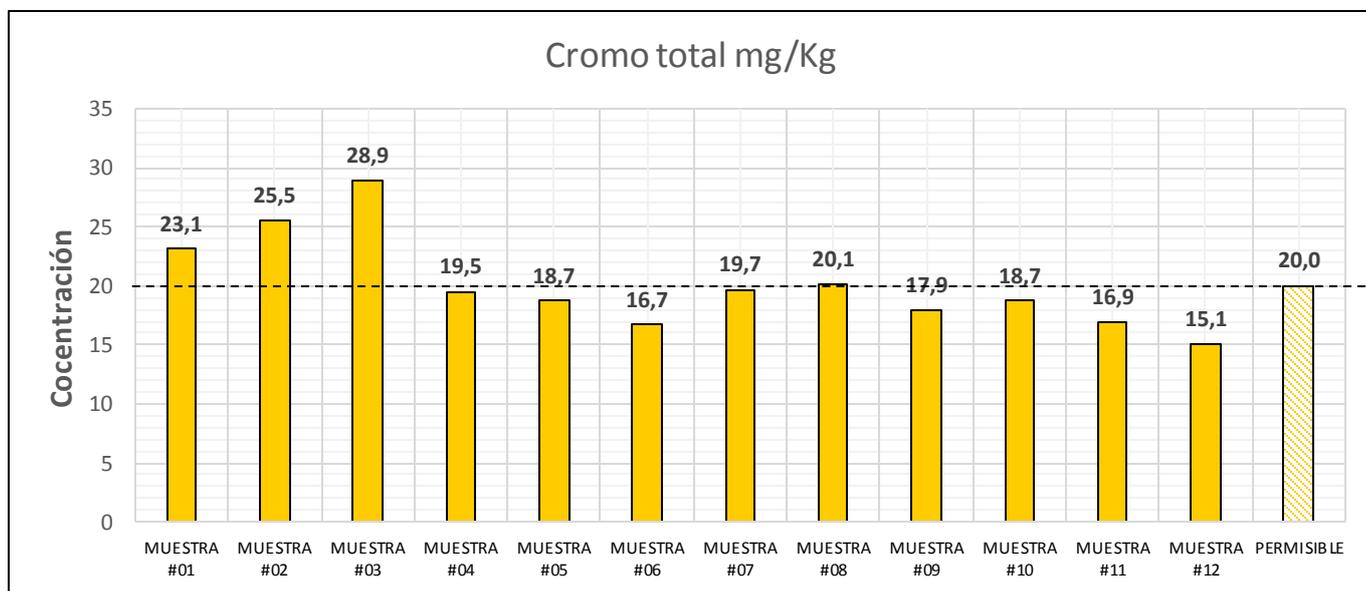


Gráfico No. 4: Resultados de la cantidad de Cromo mg/kg obtenido en cada muestra de suelo

Conforme a los resultados obtenidos de las muestras de suelo podemos indicar que se han encontrado anomalías según el grado límite máximo de permisibilidad de Cromo, como se muestra en el Gráfico No. 4 la cantidad de Cromo mg/kg sobrepasa el límite máximo de permisibilidad el cual es de 20,0 mg/kg.

CONCLUSIONES

Se pudo concluir que los análisis detectados mediante el proceso de espectrofotometría de absorción atómica a los cuatro metales pesados, permitió determinar que existía un incremento de plomo y cromo en las muestras de sedimentos de las piscinas camaroneras de Puerto Roma. La cual no cumple con de los rangos de permisibilidad, según las normas mexicanas y ecuatorianas para metales pesados. Las posibles causas de un incremento en el rango permitido de estos contaminantes podrían ser ocasionadas por las actividades antropogénicas. Esta podría ser el uso de fertilizantes fosfatados que causan acumulación de plomo en el sedimento. Y también la influencia de derrame de gasolina con plomo por parte de los medios de transportes dentro de la columna de agua del río Guayas.

DISCUSIÓN, RECOMENDACIONES

- Se recomienda usar fertilizantes a base de nitrógeno para estimular el crecimiento de microorganismos indígenas y así poder ser capaces de degradar hidrocarburos.
- Es recomendable realizar un mantenimiento a las piscinas como el de remoción de suelo, antes de cultivar un organismo. Para de esa manera disipar la afectación de estos metales pesados en exceso.
- Se debe utilizar organismos vivos como algunas bacterias y hongos de manera de filtro, para degradar residuos ambientales como son los metales pesados dentro de un mecanismo de biorremediación.
- Se debe tomar en cuenta que una acidificación del suelo puede también influir en la captación de cromo por los cultivos.
- Se recomienda el uso de Quitosano como bioadsorbente para remover cromo de las aguas contaminadas.

REFERENCIAS

Razón Social de la Organización

Asociación de Cangrejeros y Pescadores Artesanales 21 de Mayo de la comunidad de Puerto Roma.

Dirección

Puerto Roma, Provincia del Guayas, Cantón Guayaquil Golfo de Guayaquil

Teléfono, Fax, Correo electrónico

Señor Ricardo Carpio Baquerizo – Presidente de la Asociación - 0982742712

Señor Eduardo Jordán Carpio - Administrador de la Asociación - 0988074485.

Representante Legal

Señor Ricardo Carpio Baquerizo – Presidente de la Asociación

Señor Eduardo Jordán Carpio - Administrador de la Asociación

Fecha de creación y acuerdo de legalización

Creada mediante Acuerdo Ministerial No. 191 de la Subsecretaría de recursos pesquero del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, el 31 de octubre de 2007.

ANEXOS







BIBLIOGRAFÍA

- [1]. SENPLADES, "Plan Nacional de Desarrollo", Objetivo 4, Ecuador, 2007, pp 140-166.
- [2]. Ministerio del Ambiente, Programa Nacional de Gestión Integral de Desechos Sólidos, Ecuador, Informe de Gestión MAE-PNGIDS, 2010
- [3]. Secretaría de Salud, 2007, diciembre 10, NORMA Oficial Mexicana NOM-129-SSA1-1995, Bienes y servicios. Productos de la pesca, disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/129ssa15.html>
- [4]. P.S. Toro, Determinación de los metales pesados Cobalto, Mercurio y Plomo en la represa Daule Peripa por medio de Espectrómetro de emisión atómica con fuente de Plasma de argón con Acoplamiento Inductivo, Universidad de Guayaquil, 2013.
- [5]. E. Galán, A. Romero, Contaminación de Suelos por Metales Pesados, Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola, Universidad de Sevilla. Sevilla, España, 2008, pp. 48-60.
- [6]. R. Laino-Guanes, Concentración de metales en agua y sedimentos de la cuenca alta del río Grijalva, frontera México-Guatemala, Tecnología y Ciencias del Agua, vol. VI, Núm. 4, pp. 61-74, agosto, 2015.
- [7]. Moncayo D., Niveles de mercurio, cadmio y plomo en productos pesqueros de exportación, Revista Ciencias del Mar y Limnología, vol. 4, pp. 65-74, México, 2010.
- [8]. C. Siebe, Acumulación y disponibilidad de metales pesados en suelos regados, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Rev. Int. Contam. Ambient., vol. 10, pp. 15-21, 1994.
- [9]. Norma A. Cuizano y Abel E. Navarro, Biosorción de Metales Pesados por Algas Marinas: Posible Solución a la Contaminación Bajas Concentraciones, Química y Medio Ambiente, pp. 120-125, junio, 2008.
- [10]. D. Jiménez, Cuantificación de metales pesados (cadmio, cromo, níquel y plomo) en agua superficial, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador, 2012.
- [11]. FAO, 2017, ¿Qué es el Suelo?, disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>
- [12]. MAE, Ministerio del Ambiente, ¿Qué son los Humedales?, disponible en: <http://suia.ambiente.gob.ec/web/humedales>

- [13]. GAA, Global Aquaculture Advocate, Descomposición y acumulación de materia orgánica en estanques, disponible en: <http://advocate.gaalliance.org/descomposicion-y-acumulacion-de-materia-organica-en-estanques/>
- [14]. MAE, Ministerio del Ambiente, ¿Qué son los Humedales?, disponible en: <http://suia.ambiente.gob.ec/web/humedales>
- [15]. Leandro, Tecnología en Marcha, Evaluación de metales pesados en los sedimentos superficiales del río Pirro, Vol. 26, N° 1, enero -marzo 2007