



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

**TESIS PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
EN MEDIO AMBIENTE**

TEMA:

**DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE METALES PESADOS
EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CARRIZAL DEL CANTÓN
BOLÍVAR, PROVINCIA DE MANABÍ**

AUTORES:

**ENA MONSERRATE ANDRADE CHUNGA
WILLY DAMIÁN PONCE GARCÍA**

TUTORA:

Q.F ANA MARÍA AVEIGA ORTÍZ

CALCETA, JULIO 2016

DERECHOS DE AUTORÍA

Ena Monserrate Andrade Chunga y Willy Damián Ponce García, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.

.....
ENA M. ANDRADE CHUNGA

.....
WILLY D. PONCE GARCÍA

CERTIFICACIÓN DE TUTORA

Ana María Aveiga Ortriz, certifica haber tutelado la tesis **DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE METALES PESADOS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CARRIZAL, CANTÓN BOLÍVAR, PROVINCIA DE MANABÍ**, que ha sido desarrollada por Ena Monserrate Andrade Chunga y Willy Damián Ponce García, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
Q.F. ANA MARÍA AVEIGA ORTIZ, M.g

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** la tesis titulada **DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE METALES PESADOS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CARRIZAL DEL CANTÓN BOLÍVAR, PROVINCIA DE MANABÍ**, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por Ena Monserrate Andrade Chunga y Willy Damián Ponce García , previa la obtención del título de Ingeniero/a en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
ING. LIZARDO REYNA BOWEN, M.g
MIEMBRO

.....
BLGO. RAMÓN ZAMBRANO AVEIGA, M.g
MIEMBRO

.....
ING. YESENIA ZAMBRANO INTRIAGO, M.g
PRESIDENTA

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios ante todo por permitirnos la oportunidad de vivir y con sus bendiciones haber logrado tanto en la vida y hacer de este sueño de ser profesionales una realidad.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, por darnos la oportunidad de una educación superior, permitiéndonos forjar nuestros conocimientos profesionales día a día con esfuerzo y dedicación, por enseñarnos a ser personas con gran calidad humana, humildad y profesionalismo.

A nuestra tutora Q.F Ana María Aveiga Ortiz, por ser nuestra guía y ejemplo de superación, por el apoyo brindado de manera incondicional para el desarrollo de nuestra tesis, por ser parte fundamental de nuestros conocimientos universitarios, por habernos impartido sus enseñanzas y conocimientos en el aula de clases, como persona y amiga, gracias totales porque sin Ud., no hubiésemos podido dar este paso.

A los docentes y profesionales de la ESPAM MFL, por enseñarnos en nuestra etapa universitaria con sus conocimientos, guía paciencia y constancia, a formarnos como profesionales, a la Ing. Flor María Cárdenas y Q.F Patricio Noles por guiarnos en el desarrollo de nuestra tesis, a los Ingenieros Fabián Peñarrieta y María Conforme por apoyarnos en cada visita para el desarrollo de nuestra tesis.

A nuestros padres los seres más importantes de nuestras vidas, por ser amigos, guías y brindarnos todo su apoyo en los momentos buenos y difíciles, dándonos valor e impulso para cumplir nuestros objetivos y no caer en los momentos duros de nuestra etapa estudiantil y en nuestra vida, gracias a ellos y a su motivación a ser mejores personas y cumplir nuestros propósitos este sueño no se hubiese hecho realidad.

A nuestros amigos y compañeros que estuvieron dándonos su apoyo, en especial a nuestros amigos el Ing. José Calderón y Rubén Bravo Álava, por ser esos amigos, compañeros y consejeros, por apoyarnos de manera desinteresada y sincera en el desarrollo de nuestra tesis, por ser parte de nuestro esfuerzo para lograr esta meta, gracias totales.

A las comunidades y personas de la microcuenca del río Carrizal por permitirnos realizar nuestra tesis y brindarnos su apoyo cuando lo necesitamos.

Ena Andrade Y Willy Ponce

DEDICATORIA

A Dios por darme el regalo más grande que se llama vida, sin sus bendiciones no podría haber logrado uno de mis más anhelados sueños, por haberme dado fuerzas para no darme por vencida.

A mis padres Dolores Mirelle Chunga Vera y Mauricio Alfaro Andrade Zambrano, por ser mis amigos, mis consejeros, por darme ese apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida, por darme tantas alegrías, por darme el amor más sincero del mundo, por ser mis más grandes ejemplos de lucha y superación, por haberme formado como persona con gran humildad y sencillez, por ser mi motor para lograr mis metas y sobre todo por ser los padres maravillosos, este sueño no se hubiese hecho realidad si no fuera por Uds., simplemente gracias infinitas mamá y papá, es por ello a Uds., les dedico con mucho amor esta meta.

A mis hermanos Mauricio Andrés Andrade Chunga por estar conmigo en todo momento porque me ensañaste muchas cosas para salir adelante, por ser mi mejor amigo y confidente y a Mauricio y Marcos Andrade Barros porque a pesar de no estar cerca siempre me han brindado su apoyo y me han motivado a salir adelante.

A mis amigos y hermanos de corazón Gema Yicela y Fabián Zambrano Alcívar porque cuando necesité de alguien estuvieron ahí, porque fueron parte de mi lucha y perseverancia para lograr mi meta, por enseñarme que los hermanos y amigos de verdad existen y que sin duda alguna sin Uds. tampoco hubiese logrado ser lo que soy ahora.

A mis sobrinitos Daniela y Mauricio y a mis primitas Nathalia, Paulette y Valentina por ser mi razón de sonreír día a día y ser una de mis más grandes razones para salir adelante.

.....
ENA M. ANDRADE CHUNGA

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi madre Jenny García, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyaste. Mamá gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto te lo debo a ti.

A mi padre Edwin Ponce, por darme el apoyo incondicional, por nunca perder la fe y por hacer que yo tenga algo importante en la vida como lo es el estudio, gracias papá.

A mis hermanos, Sergio Ponce, Alfredo Ponce, Jojan Ponce y Jennifer Ponce, por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.

A Todos aquellos familiares y amigos que siempre estuvieron conmigo en los buenos y malos momentos apoyándome para que de alguna manera yo no bajara los brazos y siga adelante, todo esto es gracias a ustedes también.

.....
WILLY D. PONCE GARCÍA

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTORA.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
CONTENIDO GENERAL.....	ix
CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS.....	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	4
1.4. HIPÓTESIS	4
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. AGUA.....	5
2.2. CALIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES.....	5
2.3. CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES.....	6
2.4. CONTAMINACIÓN DE AGUA POR METALES PESADOS.....	6
2.5. METALES PESADOS.....	7
2.6. ORIGEN DE LOS METALES PESADOS EN LOS SISTEMAS ACUÁTICOS.....	7

	x
2.6.1. ORIGEN NATURAL.....	7
2.6.2. ORIGEN ANTROPOGÉNICO.....	8
2.6.3. ORIGEN AGROPECUARIO	8
2.6.4. ORIGEN INDUSTRIAL	9
2.6.5. ORIGEN DOMÉSTICO Y URBANO	9
2.7. PLOMO.....	11
2.7.1. EFECTOS DEL PLOMO AL MEDIO AMBIENTE.....	12
2.7.2. EFECTOS DEL PLOMO EN LA SALUD	12
2.8. MERCURIO	13
2.8.1. EFECTOS DEL MERCURIO AL AMBIENTE	13
2.8.2. EFECTOS DEL MERCURIO A LA SALUD	14
2.9. CADMIO	14
2.9.1. EFECTOS DEL CADMIO AL MEDIO AMBIENTE	15
2.9.2. EFECTOS DEL CADMIO EN LA SALUD	15
2.10. CUENCA HIDROGRÁFICA	15
2.12. MICROCUENCA.....	16
2.13. MONITOREO DEL AGUA.....	16
2.14. SIG.....	17
2.15. GEORREFERENCIACIÓN	17
2.16. SELECCIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO	17
2.17. SELECCIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO	18
2.17.1. AGUAS CONTINENTALES.....	18
2.17.2. RÍOS Y QUEBRADAS.....	19
2.18. TULSMA LIBRO VI	20
2.19. ESTUDIO DE CASO	20
CAPITULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	22
3.1. UBICACIÓN.....	22

3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO	22
3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN	23
3.4. VARIABLES EN ESTUDIO	23
3.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE.....	23
3.5. PROCEDIMIENTO.....	23
3.5.1. FASE 1: ESTABLECER EL NÚMERO Y UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO, PARA LA PARA LA CARTOGRAFÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	24
3.5.1.1. ACTIVIDAD 1.1: Reconocimiento de la zona de estudio.....	24
3.5.1.2. ACTIVIDAD 1.2: Establecimiento de los puntos de muestreo	25
3.5.1.3. ACTIVIDAD 1.3: Georreferenciación del área de muestreo	25
3.5.2. FASE 2: DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (Cd, Hg y Pb) EN EL AGUA DEL RÍO CARRIZAL	26
3.5.2.1. ACTIVIDAD 2.1: Toma de muestra de agua	26
3.5.2.2. ACTIVIDAD 2.2: Realización de los análisis de cadmio, mercurio y plomo en agua	26
3.5.3. FASE 3: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL ECUATORIANA VIGENTE.....	26
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
4.1. RESULTADOS	28
4.1.1. ESTABLECIMIENTO DEL NÚMERO Y UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO, PARA LA CARTOGRAFÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO	28
4.1.2. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (CD, HG Y PB) EN EL AGUA DEL RÍO CARRIZAL	29
4.1.3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS MEDIANTE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL ECUATORIANA VIGENTE.....	30
4.2. DISCUSIÓN.....	31
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	33
5.1. CONCLUSIONES	33

5.2. RECOMENDACIONES.....	33
BIBLIOGRAFÍA	35

CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 2.1.	Proporciones de Metales Pesados en Algunos Pesticidas.....	11
Cuadro 2.2.	Fuentes de Contaminación por Metales Pesados.....	11
Gráfico 3.1.	Precipitaciones de los meses de muestreo.....	24
Tabla 4.1.	Coordenadas de las estaciones de muestreo.....	28
Figura 4.1.	Estaciones de muestreo de la microcuenca del Carrizal.....	28
Tabla 4.2.	Niveles de Cadmio, Mercurio y Plomo en la microcuenca del río Carrizal..	29
Tabla 4.3.	Niveles de Cadmio determinados y límites máximos permisibles.....	30
Tabla 4.4.	Niveles de mercurio y límites máximos permisibles.....	30
Tabla 4.5.	Niveles de plomo y límites máximos permisibles.....	31

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo determinar los niveles de los metales pesados cadmio, plomo y mercurio en la microcuenca del Río Carrizal (Cantón Bolívar, provincia de Manabí) con el fin de evaluar la contaminación existente en dicha microcuenca. En este estudio se establecieron seis estaciones de muestreo, ubicados en los sitios Severino, Balsa en medio, Tigre adentro, Río Chico, puente río Carrizal y El Aguacate, donde se tomaron tres muestras de agua en cada lugar georreferenciado, durante los meses de octubre, noviembre y diciembre. Esta investigación es cuantitativa no experimental y los análisis realizados se llevaron a cabo en los laboratorios del INP (INSTITUTO NACIONAL DE PESCA) y el IIRN (INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS NATURALES DE LA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL), donde se obtuvieron los siguientes resultados: cadmio 0,00 ppm, plomo 0,00 ppm y mercurio 0,00 ppm, los mismos que fueron comparados con los valores establecidos en la legislación ambiental ecuatoriana (Acuerdo ministerial N° 028), lo que permitió concluir que no existe contaminación metálica en el agua del río de la microcuenca del Carrizal, por encontrarse debajo de los límites máximos permisibles.

PALABRAS CLAVES

Contaminación metálica, agua superficial, legislación ambiental.

ABSTRACT

The objective of this thesis was to identify the concentration of heavy metals (cadmium, lead and mercury) in the Carrizal River micro-watershed in Bolivar, province of Manabí, with the aim of assessing the existing water pollution in the area. We established six sampling sites located in the Severino, Balsa en Medio, Tigre Adentro, Río Chico, Puente río Carrizal and Aguacate villages. At each geo-referenced location, we took three water samples during October, November and December 2015. This research was quantitative and non-experimental, and analyses were conducted in the laboratories of INP (Instituto Nacional de Pesca/National Fisheries Institute) and IIRN (Instituto de Investigacion de Recursos Naturales de la Universidad de Guayaquil/University of Guayaquil Natural Resource Research Institute). In conclusion, results showed concentrations below zero for the metals analyzed. Which means that, according to the Ecuadorian environmental legislation standards (Ministerial Agreement Number 028), the water in the Carrizal micro-watershed has no content of heavy metals, and all the values are within maximum permissible limits.

KEYWORDS

Metal pollution, superficial water, environmental legislation.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Durante años, los recursos naturales han estado sometidos a un proceso acelerado de degradación, por lo cual es difícil hoy en día considerar un país que no se encuentre inmerso en esta problemática. Una de las principales fuentes de contaminación de las aguas es el vertido de efluentes residuales sin depurar o insuficientemente depurados y otro tipo de compuestos relacionados con actividades industriales y prácticas agrícolas inadecuadas (Richters, 1995; Izquierdo, 2010).

Uno de los principales problemas en la actualidad, es la contaminación por metales pesados, ya que presentan efectos negativos en el agua, suelo, sedimentos, aire, vegetación, animales y salud humana. Los metales pesados, generalmente no se eliminan de los ecosistemas acuáticos por procesos naturales, debido a que no son biodegradables (Murray, 1996); además, son muy contaminantes, sufren un ciclo global eco-biológico donde las aguas naturales son su principal camino, tienen un comportamiento bioacumulativo (Moalla et al., 1998).

La presencia en los recursos hídricos de metales pesados y sustancias orgánicas complejas, entre otras, han sido responsables de innumerables situaciones de impacto sobre el ecosistema acuático y la salud pública en general (Mancera y Álvarez, 2006).

La microcuenca del Río Carrizal, en el cantón Bolívar, provincia de Manabí, no es ajena a la problemática de degradación de los recursos naturales, principalmente referido al uso y manejo de los cuerpos de agua. Ésta microcuenca está siendo afectada por acciones antropogénicas, tales como: la deforestación, ya que se destruyen grandes áreas de bosque natural para convertirlos en zonas agro pastorales y para explotación de la madera; la mala práctica agrícola, que se evidencia por un excesivo uso de fertilizantes

inorgánicos y pesticidas, que luego son acarreados por la escorrentía del agua lluvia hasta los ríos aportando nutrientes a los mismos.

Debido a que no se han realizado investigaciones acerca del contenido de metales pesados en la Microcuenca del Río Carrizal y de ninguno de los compartimentos ambientales que hacen parte de este importante ecosistema, se plantea la siguiente interrogante: ¿Los niveles de metales pesados (Hg, Cd, Pb) en agua, permiten evaluar la contaminación metálica en el río de la microcuenca del Carrizal?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Desde la antigüedad la humanidad ha establecido sus poblaciones en zonas próximas a los cursos de agua, no sólo porque ésta es indispensable para la vida, sino porque es útil para muchas de las actividades que desarrolla. Debido a esto, los ríos han sido con frecuencia los receptores de muchos de los residuos generados por el hombre, esto ha provocado consecuentes problemas de contaminación.

Como resultado de las actividades antropogénicas, el control de la contaminación de las aguas, ha originado desde hace años un gran interés dada la importancia de la calidad de éstas para la protección de la salud y del medio ambiente; esto en concordancia con lo establecido por la Constitución de la República del Ecuador (2008) en el Art. 14 **“Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.”**

Grandes cantidades de sustancias, algunas de ellas nocivas, llegan al ecosistema acuático y parte de estas proceden de residuos industriales, agrícolas o domésticos. Dentro de la lista de contaminantes, los metales pesados, ocupan una posición única, ya que ellos no pueden ser descompuestos posteriormente y, una vez depositados, permanecerán en el medio acuático, esto debido a que las actividades antropogénicas, como la

deforestación, ganadería, agricultura, avicultura, crecimiento poblacional, etc., tienen una importante contribución al problema de sedimentación de partículas que se ven arrastradas a los lechos de los cuerpos de agua, lo que aumenta los niveles de contaminación por metales pesados. Igualmente, la forma en que se utilizan los recursos naturales, las modalidades de ocupación de las tierras y la pobreza en una cuenca, sin duda alguna, determinan los niveles de vulnerabilidad que pueden ser alcanzados en el contexto ambiental y socioeconómico.

El crecimiento poblacional sin planificación, repercutiendo en la carencia de servicios básicos y, por ende, en un manejo inadecuado de aguas servidas, descargándolas en los ríos, a lo que se suma el uso de detergentes, aumentando la acumulación de metales pesados en aguas y sedimentos, contaminando a estas aguas, que a su vez aportan con el abastecimiento público de agua potable de 5 cantones por intermedio de la planta “La Estancilla”.

El estudio de la presencia de metales pesados en aguas de ríos constituye un aporte a la disposición de información de carácter ambiental y contribuirá al diagnóstico de la Microcuenca del Río Carrizal y por consiguiente a facilitar la toma de decisiones sobre todo de carácter gubernamental, teniendo como fundamento las especificaciones técnicas establecidas en el Anexo I del libro VI de la reforma del Texto Unificado De Legislación Secundaria Del Medio Ambiente TULSMA (2015).

Llevar a cabo esta investigación, contribuirá a asegurar un acceso y suministro de agua para consumo humano, con los estándares mínimos requeridos (TULSMA, 2015) que garanticen el bienestar de los pobladores y la sostenibilidad en la demanda actual y futura, tal como está estipulado en el Objetivo 7 del Plan Nacional del Buen Vivir “**Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global**” (SENPLADES, 2013).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar los niveles de metales pesados (Hg, Cd, Pb) en agua, para la evaluación de la contaminación metálica en la microcuenca del río Carrizal.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Establecer el número y ubicación de los puntos de muestreo, para la cartografía del área de estudio.
- Determinar la concentración de metales pesados (Cd, Hg y Pb) en el agua del río Carrizal
- Analizar los resultados obtenidos mediante la legislación ambiental Ecuatoriana vigente.

1.4. HIPÓTESIS

Los niveles de metales pesados (Hg, Cd, Pb) en agua incrementan la contaminación metálica del río de la microcuenca del Carrizal.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. AGUA

El agua es la sustancia que más abunda en la Tierra y es la única que se encuentra en la atmósfera en estado líquido, sólido y gaseoso (FAO, 2011). La calidad de vida y desarrollo de las poblaciones están ligadas a factores socio-económicos y ambientales, uno de los recursos más importantes, como es el agua, es usado en actividades: recreativas, riego y consumo humano; razón por la cual es necesario conocer más a fondo la calidad de dicho recurso (Barahona y Tapia, 2010).

2.2. CALIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES

La calidad del agua se ha entendido históricamente como su aptitud para satisfacer distintos usos en función de sus características fisicoquímicas y biológicas tanto de los cuerpos de aguas superficiales y subterráneos, estas características afectan la capacidad del agua para sustentar tanto a las comunidades humanas como la vida vegetal y animal (Cuenca, M y Pazuña, A. 2011)

Esta calidad se evalúa mediante unos parámetros determinados y sus límites de concentración asociados (ADECAGUA, 2012). Hakanson *et al.*, (2000), citado por Álvarez *et al.*, (2008) dice que la calidad del agua está afectada por diversos factores como los usos del suelo, la producción industrial y agrícola.

El agua es esencial para la vida. La cantidad de agua dulce existente en la tierra es limitada, y su calidad está sometida a una presión constante y la conservación de la calidad del agua dulce es importante para el suministro de agua de bebida, la producción de alimentos y el uso recreativo. La calidad del agua puede verse comprometida por la presencia de agentes infecciosos, productos químicos tóxicos o radiaciones (OMS, 2015).

2.3. CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES

El agua no sólo es parte esencial de nuestra propia naturaleza física y la de los demás seres vivos, sino que también contribuye al bienestar general en todas las actividades humanas, el agua que procede de fuentes superficiales (ríos, lagos y quebradas), es objeto día a día de una severa contaminación, producto de las actividades del hombre; éste agrega al agua sustancias ajenas a su composición, modificando la calidad de ésta (Rondón, 2012).

2.4. CONTAMINACIÓN DE AGUA POR METALES PESADOS

La contaminación por metales pesados puede llegar a afectar a todo tipo de ecosistemas acuáticos debido a su permanencia en el medio natural tras el vertido. Pueden alcanzar acuíferos por infiltración de estos compuestos, dependiendo en muchos casos de factores como el pH del medio o del propio vertido como también pueden alcanzar zonas húmedas o lagunas por escorrentía o incluso por la alimentación desde acuíferos o ríos. El transporte de estas sustancias a través del agua y su carácter recalcitrante, hace que se puedan arrastrar, alcanzando cualquier ecosistema acuático. La presencia de estos metales pesados en el agua va a condicionar su uso. Así, se puede ver afectada su utilización como captación de agua de abastecimiento, limitando recursos hídricos fundamentales en regiones semiáridas, puede afectar a la explotación pesquera, a los usos recreativos y como no al equilibrio del ecosistema, causando la muerte y desaparición de muchas especies (Vílchez, R. 2005).

La contaminación de las aguas hoy en día es un problema alarmante en todos los países. En el mundo la población crece y el consumo de agua se duplica cada veinte años. Así las aguas residuales que generan las actividades industriales y domésticas también aumentan, de las cuales sólo el 5% son tratadas para purificarlas y reciclarlas. Datos reportados por las Naciones Unidas muestran que una de cada cinco personas en el mundo no tiene acceso

al agua potable, mientras que alrededor de 2400 millones carecen de condiciones adecuadas de salubridad (ONU 2014) citado por Blanco (2014)

2.5. METALES PESADOS

Los metales se definen en base a sus propiedades físicas en el estado sólido como son: alta reflectividad, alta conductividad eléctrica, alta conductividad térmica, propiedades mecánicas como fuerza y ductilidad. Otra definición más práctica, desde el punto de vista de la toxicidad, se basa en sus propiedades cuando están en solución: “metal es un elemento que bajo condiciones biológicas puede reaccionar perdiendo uno o más electrones para formar un catión” (Cornelis *et al.*, 2007).

2.6. ORIGEN DE LOS METALES PESADOS EN LOS SISTEMAS ACUÁTICOS

En los sistemas acuáticos continentales (ríos, lagos, embalses, etc.) la contaminación se produce, bien por la presencia de compuestos o elementos que normalmente no estarían sin la acción del hombre, o por un aumento o descenso de la concentración normal de las sustancias ya existentes debido a la acción humana (Cuadro 2.1 y 2.2) (Rosas, 2001).

2.6.1. ORIGEN NATURAL

El contenido en elementos metálicos de un suelo libre de interferencias humanas, depende en primer lugar de la composición de la roca madre originaria y de los procesos erosivos sufridos por los materiales que conforman el mismo (Adriano, 1986). Una alta concentración de metales puede resultar en ciertos casos de su material geológico sin que haya sufrido una contaminación puntual (Murray, 1996).

La acción de los factores medioambientales sobre las rocas y los suelos derivados de ellas son los determinantes de las diferentes concentraciones basales de metales pesados en los sistemas fluviales (aguas, sedimentos y biota) (Adriano, 1986).

2.6.2. ORIGEN ANTROPOGÉNICO

Se entiende por contaminación de origen antropogénico a la intervención humana en el ciclo biogeoquímico de los metales pesados. Actualmente es difícil encontrar una actividad industrial o un producto manufacturado en los que no intervenga algún metal pesado (Wittmann, 1981) citado por Rojas (2011).

Los principales orígenes antropogénicos de metales pesados pueden ser agrupados de acuerdo a las principales actividades económicas que se realizan en las poblaciones locales que dependen e inciden directamente en la salud del río: agropecuario (agrícola, ganadero, acuícola), industriales (extracción forestal, bancos de materiales) y doméstico (Rojas 2011).

Actualmente las fuentes antrópicas de metales pesados en el ambiente incluyen a los desechos de la industria metalúrgica, química, minera, industrias relacionadas con la fabricación de baterías y producción de fertilizantes entre otras (Faisal y Hasnain 2004) citado por (Lara *et al.*, 2015).

2.6.3. ORIGEN AGROPECUARIO

Los orígenes agrícolas de los metales pesados en las aguas continentales son los causados por la lixiviación de los terrenos de cultivo en los que se ha producido una acumulación previa de dichos elementos debido al uso o abuso de pesticidas, fertilizantes y desechos orgánicos susceptibles de ser utilizados como abono (Rosas, 2001), el empleo sistemático de fertilizantes, biocidas, y abonos orgánicos son el principal foco de contaminación difusa de los suelos y aguas, así como la eliminación incontrolada de los envases de dichos

productos, que generalmente son depositados en vertederos para residuos no peligrosos o abandonados en los campos (MAPFRE, 1994). Los metales presentes en los terrenos alcanzan los cursos de agua no sólo directamente al ser lixiviados por la escorrentía superficial (aguas de riego y tormentas), sino también indirectamente al infiltrarse desde acuíferos previamente contaminados (Rosas, 2001).

Los contaminantes de origen ganadero son los debidos a los desechos de los animales y a los que proceden del lavado de establos y granjas. La concentración de metales en dichos materiales es variable y depende del tipo de ganado del que se trate, de la edad del animal, tipo de establo e incluso del manejo de los desechos (Adriano, 1986).

2.6.4. ORIGEN INDUSTRIAL

Una de las principales fuentes de metales pesados en los sistemas acuáticos son las aguas residuales procedentes de las industrias que utilizan los cauces fluviales como vertederos.

A menudo estos vertidos no son gestionados, no se someten a procesos de depuración o su tratamiento es inadecuado (Rosas, 2001). Los contaminantes pueden encontrarse en forma disuelta o en suspensión, y ser orgánicos e inorgánicos por su naturaleza química (MAPFRE, 1994).

2.6.5. ORIGEN DOMÉSTICO Y URBANO

Las aguas residuales de las ciudades son las portadoras de los metales pesados de origen doméstico. Los vertidos domésticos transportan una amplia gama de metales contenidos en las excreciones humanas, en los restos de los alimentos, en las aguas de lavado, etc., (Rosas, 2001).

La actividad urbana es también una fuente de contaminación fundamentalmente por la generación de residuos sólidos urbanos, las

emisiones de los vehículos a la atmosfera o a la producción de lodos en las depuradoras de aguas residuales (MAPFRE, 1994).

Las emanaciones gaseosas de los automóviles, no sólo afectan a las ciudades, sino que también lo hacen a las zonas limítrofes de autopistas y carreteras. Los metales así originados incluyen al Cd, Cu, Ni, Pb y Zn siendo el Pb el más abundante proveniente de la combustión de la gasolina y el Zn debido al desgaste de los neumáticos (Rosas, 2001). Estos metales contenidos en las partículas de los humos de combustión y las originadas por el desgaste de neumáticos, pueden llegar a alcanzar los sistemas acuáticos de dos maneras: directamente (precipitación de partículas, por la lluvia) e indirectamente por la lixiviación de los terrenos (calles, carreteras y zonas adyacentes donde previamente se produjo la deposición) debido a la escorrentía superficial de las aguas de tormenta y de los riesgos de las ciudades (Rosas, 2001; Rojas, 2011).

Cuadro 2.1. Proporciones de Metales Pesados en Algunos Pesticidas

Sustancia	Composición metálica
Insecticidas	
Aceto-arsenito de cobre	2,3% As; 39% Cu
Arsenato de plomo	4.2-9.1% As; 11-26% Pb
Arsenato de calcio	0.8-26% As
Sulfato de zinc	20-30% Zn
Cloruro de mercurio	6% Hg
Fungicidas	
Sulfato de cobre-sales de calcio	4-6% Cu
Sales de cobre	2-56% Cu
Metil y fenil de sales de mercurio	0,6-6% Hg
Acetato fenil mercurio	6% Hg
Mancozeb	2.6% Mn; 2% Zn
Zineb y Ziram	1-18% Zn

Fuente: Adriano, 1986

Cuadro 2.2: Fuentes de Contaminación por Metales Pesados

Origen	Sb	As	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Pb	Zn
Baterías eléctricas			*	*			*	*	
Cementos y amiantos					*				
Chapados metálicos					*				
Curtidos metálicos				*	*				
Curtidos de pieles				*	*				
Eléctrica y electrónica			*	*	*		*	*	*
Farmacéuticas		*		*	*				*
Fertilizantes		*	*	*	*	*	*	*	*
Fotografía			*	*	*			*	
Fundiciones		*	*	*	*		*	*	*
Galvanizados, electrochapados			*	*	*		*	*	*
Minería	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Motores de vehículos, chapados de aviones			*	*	*				*
Muníciones y explosivos				*	*				*
Papeleras y similares				*	*		*	*	*
Pesticidas		*		*	*	*		*	*
Pigmentos, tintes, tintas, pinturas	*		*	*	*		*	*	*
Plásticos	*		*		*				*
Químicas, petroquímica	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Textiles	*			*	*				*
Vitrocerámica			*				*	*	

Fuente: Rojas, 2011

2.7. PLOMO

El plomo es un metal pesado de densidad 11,4 g/cm³ a 16 °C, de color azulado, que al empañarse adquiere un color gris mate. Es flexible, inelástico y

se funde con facilidad. Su fundición se produce a 327,4 °C, hirviendo a 1725 °C. Sus valencias químicas normales son 2 y 4. Es relativamente resistente al ataque de ácido sulfúrico y ácido clorhídrico, aunque se disuelve con lentitud en ácido nítrico y ante la presencia de bases nitrogenadas. El plomo es anfótero, ya que forma sales de plomo de los ácidos, así como sales metálicas del ácido plúmbico. Tiene la capacidad de formar muchas sales, óxidos y compuestos organometálicos (Martín, 2008).

2.7.1. EFECTOS DEL PLOMO AL MEDIO AMBIENTE

De todas las sustancias químicas tóxicas presentes en el medio ambiente, el Plomo es la más persistente. La concentración media de Plomo (Pb) en la tierra es de 1,6 g por cada 100 Kg de suelo (Pain, 1995), y según (Clark, 1992) citado por Siavichay (2013), la producción total de Plomo ronda los 43 millones de toneladas/año.

Cuando el Plomo es liberado al aire (antiguamente por el uso de gasolina con Plomo), puede ser transportado largas distancias para luego caer al suelo y depositarse en el mismo, luego de acuerdo a condiciones como la lluvia puede ser arrastrado hacia aguas superficiales, acumularse en los sedimentos o ser absorbido por las plantas e introducirse en la cadena alimentaria. Aunque el Plomo elemental no se disuelve en agua, sus formas orgánicas si lo hacen, haciendo que el Plomo proveniente de minería y el Plomo residual, proveniente de calles, tuberías y suelos, puedan llegar a contaminar el agua que posteriormente sea utilizada para consumo humano o irrigación de terrenos (Philiph, 2001; Siavichay, 2013).

2.7.2. EFECTOS DEL PLOMO EN LA SALUD

Este metal afecta sistemas, órganos y tejidos y su efecto puede ser proporcional a la cantidad presente en el organismo. Pero los umbrales de sus efectos tóxicos varían en diferentes individuos. Los niños generalmente absorben una mayor proporción del plomo por las vías respiratoria y oral, sobre

todo por esta última si existe desnutrición, deficiencia en calcio, hierro, fósforo y zinc, vitamina D y/o infecciones gastrointestinales, produciendo esto un efecto más severo que los adultos, porque están en un proceso activo de desarrollo y por ciertas características fisiológicas, patológicas y de conducta. Los servicios de salud pública pueden identificar áreas en que la población tiene un riesgo mayor de intoxicación con plomo y establecer condiciones para el despistaje, identificación temprana y tratamiento de las personas afectadas. La determinación de plomo en sangre venosa es la prueba más sensible de exposición al plomo (Poma, 2008; Martínez et al., 2012).

2.8. MERCURIO

Es un metal pesado plateado que a temperatura ambiente es un líquido inodoro. Es un mal conductor del calor comparado con otros metales, aunque no es mal conductor de la electricidad. Se alea fácilmente con muchos otros metales como el oro o la plata produciendo amalgamas. Es insoluble en agua y soluble en ácido nítrico. Cuando aumenta su temperatura produce vapores tóxicos y corrosivos, más pesados que el aire (Martín, 2008).

2.8.1. EFECTOS DEL MERCURIO AL AMBIENTE

La actividad del hombre ha generalizado los casos de exposición, y las prácticas del pasado han dejado un legado de mercurio en vertederos, los desechos de la minería y los emplazamientos, suelos y sedimentos industriales contaminados. Hasta las regiones donde se registran emisiones mínimas de mercurio, como el Ártico, se han visto adversamente afectadas debido al transporte transcontinental y mundial del mercurio.

La fuente más importante de contaminación con mercurio son las emisiones al aire, pero se producen también emisiones de mercurio de diversas fuentes que van directamente al agua y a la tierra. Una vez liberado, el mercurio permanece en el medio ambiente, donde circula entre el aire, el agua, los sedimentos, el suelo y la biota en diversas formas. Las emisiones actuales se añaden al fondo

de mercurio existente en el mundo que se sigue movilizándose, depositándose en la tierra y el agua y volviendo a moverse (PNUMA 2005).

2.8.2. EFECTOS DEL MERCURIO A LA SALUD

El mercurio y sus compuestos son sumamente tóxicos, especialmente para el sistema nervioso en desarrollo. El nivel de toxicidad en seres humanos y otros organismos varía según la forma química, la cantidad, la vía de exposición y la vulnerabilidad de la persona expuesta (Arana, 2009).

El vapor de Hg se absorbe rápidamente en los pulmones. En forma líquida o vapor apenas se absorbe por la vía gastrointestinal. Por su gran liposolubilidad se difunde a los tejidos atravesando fácilmente la barrera hematoencefálica y la placenta. El Hg se oxida a ion mercúrico perdiendo la capacidad de difundirse. Queda luego retenido en los glóbulos rojos, sistema nervioso central (SNC) y riñones.

La concentración sanguínea de mercurio disminuye rápidamente, con una semivida bifásica. La vía de excreción más importante es la digestiva y, en menor porcentaje, la urinaria, respiratoria y sudorípara. En orina, la semivida es de 40-90 días. Este dato es importante pues se considera un marcador biológico de las exposiciones crónicas (Gaioli *et al.*, 2012).

2.9. CADMIO

El cadmio (*cadmia* en latín y en griego *kadmeia*, significa “calamina”, nombre que recibía antiguamente el carbonato de cinc) fue descubierto en Alemania en 1817 por Friedrich Stromeyer como una impureza en el carbonato de cinc. El cadmio no se halla en el ambiente como un metal puro, es más abundante en la naturaleza en forma de óxidos complejos, sulfuros y carbonatos en el cinc, plomo y menas de cobre. El cadmio es suave y de color blanco plateado es relativamente barato, ya que es un subproducto del procesamiento de metales

más valiosos, como el cinc y el cobre (Villanueva y Botello., 1992) citado por (Marrugo, 2011).

2.9.1. EFECTOS DEL CADMIO AL MEDIO AMBIENTE

Las principales fuentes de Cd en ambientes acuáticos son debidas al lavado de los suelos agrícolas y a las descargas de la minería y la industria. Otro origen importante son los desechos municipales y los lodos de las plantas de tratamiento. Su presencia en ambientes marinos disminuye la capacidad de sobrevivencia de larvas y estadios juveniles de peces, moluscos y crustáceos (Villanueva y Botello., 1992) citado por (Marrugo, 2011).

2.9.2. EFECTOS DEL CADMIO EN LA SALUD

Las principales fuentes de exposición de cadmio en la población general a través de líquidos se dan por cañerías que contienen cadmio en sus soldaduras o por el agua que ha sido contaminada por las fábricas que tiran sus desechos al río, como las que hacen acabado de metales, electrónica, manufactura, baterías, estabilizadores plásticos, plaguicidas (fungicidas), entre otras.

El cadmio tiene efectos bien establecidos en los riñones, los huesos y los pulmones; se tiene menos evidencia de sus efectos neurotóxicos, teratogénicos o alteradores del sistema endocrino. El cadmio se almacena principalmente en el hígado y los riñones; la excreción es lenta, con una media de vida muy larga (décadas) en el cuerpo humano; se acumula en la mayor parte de los tejidos durante el envejecimiento (Pérez y Azcona, 2012).}

2.10. CUENCA HIDROGRÁFICA

Superficie rodeada por montañas donde se capta o recoge el agua de lluvia, estas alimentan el agua de los ríos, charcas, quebradas y otros cuerpos de agua cercana. Una cuenca hidrográfica cubre un área específica de la superficie de la tierra, en la que fluye el agua hacia un mismo punto. Las

cuencas hidrográficas mantienen el equilibrio entre los organismos y el ambiente y proveen de los recursos necesarios para que se lleve a cabo el ciclo de agua, por el cual se genera la lluvia (Siles, J. y Soares, D. 2003).

2.11. CLASIFICACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Las cuencas hidrográficas se pueden dividir en parte alta, media, y baja, esto generalmente se realiza en función a características de relieve, altura y aspectos climáticos. Permite relacionar como las partes altas de las cuencas inciden en las partes bajas, por ejemplo, si se deforesta la parte alta como afecta la escorrentía en las partes bajas, o si se aplican agroquímicos y plaguicidas en forma irracional en las partes altas, como se contamina las aguas que deben aprovecharse aguas abajo (Faustino y Jimenez 2002).

2.12. MICROCUENCA

Es importante remarcar la necesidad de considerar la microcuenca bajo un enfoque social, económico y operativo, además del enfoque territorial e hidrológico tradicionalmente utilizado; de esta manera, la microcuenca se define como una pequeña unidad geográfica donde vive una cantidad de familias que utiliza y maneja los recursos disponibles, principalmente suelo, agua y vegetación, la microcuenca es el ámbito lógico para planificar el uso y manejo de los recursos naturales, en la búsqueda de la sostenibilidad de los sistemas de producción y los diferentes medios de vida; Es en este espacio donde ocurren las interacciones más fuertes entre el uso y manejo de los recursos naturales (acción antrópica) y el comportamiento de estos mismos recursos (reacción del ambiente) (FAO,2008).

2.13. MONITOREO DEL AGUA

El monitoreo del agua ya sea de un río o quebrada consiste en determinar los cambios ocurridos en el agua, los animales y la tierra que le rodea, a través de varias observaciones o estudios. Así podemos descubrir las enfermedades que

puede generarse por ingesta de agua contaminada del río y sugerir el tratamiento necesario para sanarlo (Cuenca y Pazuña, 2011).

2.14. SIG

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son el resultado de la aplicación de las llamadas Tecnologías de la Información (TI) a la gestión de la Información Geográfica (IG). El término Sistema de Información Geográfica (SIG) tiene tres acepciones: el SIG como disciplina; el SIG como proyecto, cada una de las realizaciones prácticas, de las implementaciones existentes; el SIG como software, es decir los programas y aplicaciones de un proyecto SIG.

El SIG es un Conjunto integrado de medios y métodos informáticos, capaz de recoger, verificar, almacenar, gestionar, actualizar, manipular, recuperar, transformar, analizar, mostrar y transferir datos espacialmente referidos a la tierra (IGN, s.f).

2.15. GEORREFERENCIACIÓN

La georreferenciación o rectificación es un proceso que permite determinar la posición de un elemento en un sistema de coordenadas espacial diferente al que se encuentra. La georreferenciación se utiliza frecuentemente en los sistemas de información geográfica (SIG) para relacionar información vectorial e imágenes raster de las que se desconoce la proyección cartográfica, el sistema geodésico de referencia, o las distorsiones geométricas que afectan a la posición de los datos (Dávila, 2012).

2.16. SELECCIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

La selección de puntos de muestreo debe considerarse para cada sistema de abastecimiento en particular. Sin embargo, existen criterios que deben tomarse en cuenta para ello como:

- Los puntos de muestreo deben ser representativos de las diferentes fuentes de agua que abastecen el sistema.
- Debe haber una distribución uniforme de los puntos de muestreo a lo largo del sistema y, en su caso, considerar los lugares más susceptibles de contaminación (PRIMUSLBS, sf.).

2.17. SELECCIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO

2.17.1. AGUAS CONTINENTALES

Según el protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos (2011) emitido por la autoridad nacional del agua del Perú a través de su dirección de gestión de la calidad de recursos hídricos, establece en su definición que los puntos de monitoreo a establecer depende de los objetivos que se requiera alcanzar.

Para el establecimiento de la Línea Base se deben considerar los principales cuerpos de agua del área de influencia de la zona de estudio, que determinará la probabilidad del impacto causado por las actividades económicas y poblacionales.

Según el tipo de fuente de agua, se debe considerar los siguientes criterios generales:

- Ubicación de las fuentes contaminantes (vertimientos de aguas residuales industriales y domésticas, terrenos agrícolas, botaderos de residuos sólidos, pasivos ambientales mineros, etc.).
- Determinar la naturaleza geológica en la cuenca.
- Ubicación de las fuentes de captación de agua para consumo humano y riego.
- Accesibilidad a los puntos de muestreo (rápido y seguro) y la representatividad, es decir que el punto de muestreo debe ser ubicado

en un lugar que presente un flujo regular (sin turbulencia y de profundidad homogénea) y que permita el aforo y de ser posible permita tener una referencia para su futura ubicación. El uso de imágenes satelitales es de gran ayuda al momento de tomar la mejor decisión de donde ubicar los puntos de monitoreo, sin embargo, la ubicación definitiva debe realizarse en campo.

- Adicionalmente, los puntos de monitoreo se ubican aguas arriba de cualquier cruce de las carreteras con el cuerpo de agua, salvo que sea objetivo de la evaluación.

2.17.2. RÍOS Y QUEBRADAS

- Debe ubicarse un punto de monitoreo en la naciente del recurso hídrico que generalmente se inicia en la cabecera de cuenca, que servirá como punto de referencia (blanco).
- Los puntos de monitoreo deben ser ubicados aguas arriba y aguas abajo de una descarga de agua residual.
- Punto de monitoreo aguas arriba debe estar ubicado a una distancia suficientemente lejos de la descarga de agua residual, para asegurar que no influya en las características naturales de cuerpo de agua, se sugiere una distancia de 50 a 100 m de acuerdo a la accesibilidad y otros componentes que alteren el recurso hídrico en estudio.
- Punto de monitoreo aguas abajo para ubicar este punto de monitoreo se recomienda realizar las mediciones consecutivas de los parámetros de campo (temperatura, conductividad y pH) hasta llegar a definir la zona de mezcla completa del efluente en el cuerpo receptor, se sugiere una distancia de 100 a 500 m de acuerdo a la accesibilidad, caudal, capacidad de depuración de recurso y otros componentes que alteren sus características naturales del recurso hídrico en estudio.

2.18. TULSMA LIBRO VI

La Ley de Gestión Ambiental, que se encuentra en el libro VI del TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente), establece los procedimientos para regular actividades y responsabilidades públicas y privadas en materia de calidad ambiental, entendiéndose a esta como el conjunto de características del ambiente y la naturaleza que incluye el aire, el agua, el suelo y la biodiversidad, en relación a la ausencia o presencia de agentes nocivos que puedan afectar al mantenimiento y regeneración de los ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos de la naturaleza (MAE, 2015).

2.19. ESTUDIO DE CASO

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. (Rodríguez, 2013)

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La investigación se realizó en la microcuenca del Carrizal, que se encuentra situado al sur-este de la cuenca de Chone, dentro de la provincia de Manabí, así como las microcuencas Membrillo y Bejuco, sus aguas que tributan al embalse de la presa La Esperanza.

La microcuenca del Carrizal tiene una extensión de 171,84 Km², encerrado por un perímetro de 69,09 Km. La parte de desagüe de la microcuenca se encuentra a una altura de 60 m.s.n.m y su parte alta oscila entre los 250 a 450 m.s.n.m, esta microcuenca tiene una longitud de 16,09 km.

La hidrología del lugar las conforma varias quebradas, afluentes como el estero Julián, ríos como Plátano, Palmita, Chico y Severino, que tributan al río principal del Carrizal.

Esta microcuenca es muy rica hidrológicamente, ya que cuenta con ríos muy caudalosos que son efluentes del río carrizal, el cual es muy importante debido a su aporte hidrológico hacia el embalse la Esperanza, pues cubre las necesidades de varios cantones de la provincia de Manabí. Mediante estas representaciones se pudo observar la ubicación de las estaciones de muestreo en los ríos y vertientes que forman la microcuenca.

3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO

La presente investigación tuvo un periodo de duración de 9 meses a partir del mes de junio del 2015 hasta el mes de febrero del 2016.

3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según las características de los factores y su facilidad para ser manipulados, esta investigación fue de tipo cuantitativa no experimental; por cuanto se aplicó el método de análisis para lograr caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta, en esta investigación se combinaron criterios de comparación que sirvieron para representar datos fidedignos que pueden servir para investigaciones que requieran un mayor nivel de profundidad.

3.4. VARIABLES EN ESTUDIO

3.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Niveles de metales pesados (Hg, Cd, Pb)

3.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE.

Contaminación metálica del Río Carrizal

3.5. PROCEDIMIENTO

Para el desarrollo de la presente investigación, se establecieron 3 fases y cada fase con sus respectivas actividades a realizarse, las cuales estuvieron de acuerdo a los objetivos propuestos en esta investigación.

3.5.1. FASE 1: ESTABLECER EL NÚMERO Y UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO, PARA LA PARA LA CARTOGRAFÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.5.1.1. ACTIVIDAD 1.1: Reconocimiento de la zona de estudio

Previo al establecimiento de los puntos y estaciones de muestreo, se establecieron los meses de monitoreo, considerando tres meses: octubre, noviembre y diciembre. Existiendo una variación en la precipitación en el tiempo estimado, datos generados por la estación meteorológica de la ESPAM MFL (2015).

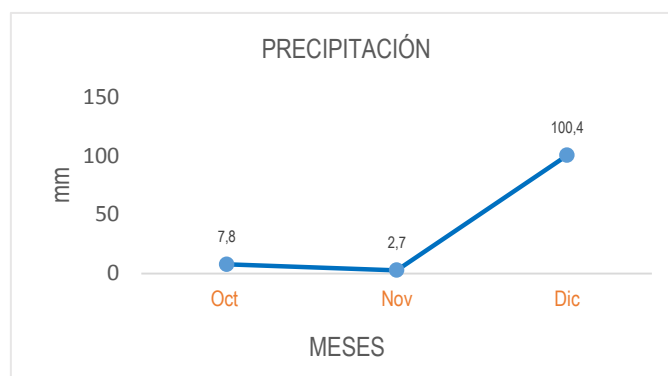


Gráfico 3.1: Precipitaciones de los meses de muestreo

Se llevó a cabo el reconocimiento de la zona de estudio en la microcuenca del río Carrizal donde se observó que la conforman varias quebradas y afluentes que tributan al río principal del Carrizal. Por medio de la observación se pudo notar que la zona a estudiarse es una zona agropecuaria, donde su principal actividad es la agricultura y la ganadería, por lo que las aguas de la microcuenca del río carrizal están inmersas a contaminación principalmente por estas actividades.

De acuerdo a las visitas realizadas al área de estudio se observó que las fuentes de agua presentan dos condiciones: la primera es que los esteros se encuentran en algunos casos cruzando las poblaciones o las bordean por lo que la distancia no es muy significativa y el acceso es rápido en verano y en invierno el acceso se vuelve un poco dificultoso por la presencia de lodos y la

segunda condición es que en otras poblaciones las fuentes de agua se encuentran en las partes medias y altas de montañas, por lo que el agua en todo su cauce se ve afectado por la escorrentía del terreno y el difícil acceso. En base a las condiciones del terreno, la accesibilidad a las fuentes de agua y los posibles puntos de descarga se pudo establecer las unidades de muestreo.

3.5.1.2. ACTIVIDAD 1.2: Establecimiento de los puntos de muestreo

Conforme al reconocimiento del área de estudio se establecieron seis puntos de muestreo en zonas estratégicas que presentaron una mayor susceptibilidad a cambios ambientales como se expresa en el Protocolo de Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos (2011) de la autoridad nacional del agua del Perú que establece criterios de ubicación para puntos después del paso de poblaciones y de posibles fuentes de contaminación, además de la accesibilidad a las fuentes hídricas y dependiendo de la geomorfología del terreno. En este caso siguiendo lo expuesto en el protocolo los puntos establecidos fueron en zonas de abastecimiento de agua (ríos, quebradas y vertientes) para la población de las comunidades que conforman la microcuenca del Carrizal.

3.5.1.3. ACTIVIDAD 1.3: Georreferenciación del área de muestreo

Una vez establecidos los puntos de muestreo se realizó la georreferenciación de los puntos seleccionados para el muestreo utilizando como herramienta el programa ArcGis se realizó la representación cartográfica en hojas de papel tamaño A4, de mapas (Mapa satelital, mapa hidrológico, mapa de división política y mapa de las microcuencas que tributan al embalse la esperanza) del área muestreada y los puntos de muestreo establecidos, para así obtener con mayor claridad la ubicación específica de cada una de las estaciones, con la finalidad de obtener información cartográfica para realizar los análisis respecto a la identificación de las estaciones en las que se detecten presencia de metales.

3.5.2. FASE 2: DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (Cd, Hg y Pb) EN EL AGUA DEL RÍO CARRIZAL

3.5.2.1. ACTIVIDAD 2.1: Toma de muestra de agua

Las muestras de aguas fueron tomadas en las seis estaciones de muestreo establecidas, de acuerdo con los lineamientos del Estándar Methods (APHA, 1992) señalados para cada una de las variables o factores ambientales a evaluar, realizando un monitoreo en las 6 estaciones cada mes durante los tres meses establecidos. Estas muestras fueron tomadas en una profundidad mayor a 20cm en recipientes de vidrio de 400 ml esterilizados y enjuagados con agua desionizada, después de la toma de las muestras se colocaron bajo refrigeración para su conservación y entrega a los laboratorios donde se realizó la determinación de concentración de Hg, Cd y Pb.

3.5.2.2. ACTIVIDAD 2.2: Realización de los análisis de cadmio, mercurio y plomo en agua

Los análisis de metales pesados se realizaron durante el periodo establecido (octubre, noviembre y diciembre) en los laboratorios acreditados del INP (Instituto Nacional de Pesca) y el IIRN (Instituto de Investigación de Recursos Naturales de la Ciudad de Guayaquil) donde utilizaron la metodología de espectrofotometría de absorción atómica.

3.5.3. FASE 3: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL ECUATORIANA VIGENTE

Se realizó la comparación de los resultados obtenidos de las muestras de agua con la legislación ambiental ecuatoriana (Acuerdo ministerial N° 028) que reemplaza al libro VI del TULSMA anexo 1 (Norma de Calidad y de descarga

de efluentes: recurso agua, tablas 1 (criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico) y tabla 4 (criterios de calidad de aguas para uso agrícola en riego).

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. ESTABLECIMIENTO DEL NÚMERO Y UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO, PARA LA CARTOGRAFÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

Las coordenadas cartográficas proyectadas en UTM donde están establecidas las estaciones de muestreo son las siguientes:

Tabla 4.1: Coordenadas de las estaciones de muestreo

ESTACIÓN	COORDENADAS	
	X	Y
E1:Severino	606265	9892521
E2:Balsa en medio	617373	9890506
E3:Tigre adentro	612745	9893591
E4:Rio chico	608790	9890320
E5:Puerto Carrizal	608110	9895161
E6:El aguacate	612657	9884873

Fuente: (Andrade y Ponce, 2016)

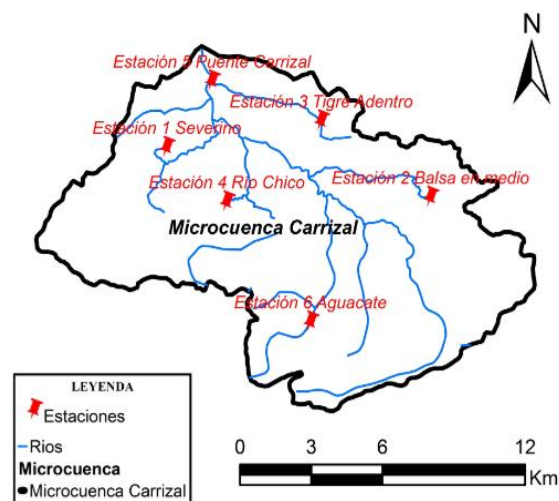


Figura 4.1: Estaciones de muestreo de la microcuenca del Carrizal

Se establecieron seis estaciones de muestreo acorde a lo que establece el protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos, que fueron denominadas de acuerdo a las comunidades donde se encuentran ubicadas.

Severino fue la primera estación, específicamente en una vertiente donde ciertos moradores del sitio la utilizan para satisfacer sus necesidades diarias. La segunda estación de muestreo se localizó en el río principal del sitio Balsa en Medio, debido a que este río es un atractivo turístico para los habitantes del cantón Bolívar. Tigre Adentro es la tercera estación y fue situada en una vertiente de este sitio. Río Chico es la cuarta estación, ubicada en su río principal, el cual es usado como suministro para las actividades antropogénicas y agropecuarias de la zona. Río Carrizal es la quinta estación y se situó en el puente Carrizal, donde se unen todos los ríos de la microcuenca del carrizal y se realizan actividades como la pesca y el transporte en canoa. La sexta estación ubicada entre las comunidad el Aguacate, establecida en el río principal de esta zona.

La microcuenca del río Carrizal cuenta con una extensión de de 171,84 Km², encerrado por un perímetro de 69,09 Km, ésta limita con las microcuenca Bejuco y Membrillo y está ubicada en el cantón Bolívar y Pichincha.

4.1.2. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (CD, HG Y PB) EN EL AGUA DEL RÍO CARRIZAL

Los resultados obtenidos de los análisis realizados en las muestras de agua se presentan a continuación:

Tabla 4.2: Niveles de Cadmio, Mercurio y Plomo en la microcuenca del río Carrizal.

Cd, Hg y Pb - PPM			
ESTACIÓN	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
E1:Severino	ND	ND	ND
E2:Balsa en medio	ND	ND	ND
E3:Tigre adentro	ND	ND	ND
E4:Rio chico	ND	ND	ND
E5:Puerto Carrizal	ND	ND	ND
E6:El aguacate	ND	ND	ND

Fuente: (Andrade y Ponce, 2016)

ND: Valores no detectables

Los resultados de cadmio, mercurio y plomo detectados en las muestras correspondientes a los tres meses de muestreo de las seis estaciones fueron considerados en un valor de 0,00 ppm debido a que se encuentran debajo de los límites de detección del equipo (<0.01 ppm), realizándose los análisis del mes de octubre bajo el primer punto de la curva de calibración: Cd (<0,014 mg/l), Hg (<0,09 mg/l) y Pb (<0,035 mg/l).

4.1.3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS MEDIANTE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL ECUATORIANA VIGENTE

A continuación se presenta la comparación de los resultados obtenidos con límites máximos permisibles de las tabla 1 y 4 del anexo 1 del acuerdo ministerial N° 028:

Tabla 4.3: Niveles de Cadmio determinados y límites máximos permisibles

CADMIO PPM					
ESTACIÓN	OCT	NOV	DIC	LMP (T1)	LMP (T4)
E1: Severino	ND	ND	ND	0,003	0,05
E2: Balsa en medio	ND	ND	ND	0,003	0,05
E3: Tigre adentro	ND	ND	ND	0,003	0,05
E4: Rio chico	ND	ND	ND	0,003	0,05
E5: Puente Carrizal	ND	ND	ND	0,003	0,05
E6: El aguacate	ND	ND	ND	0,003	0,05

Fuente: (Andrade y Ponce, 2016)

Tabla 4.4: Niveles de mercurio y límites máximos permisibles

MERCURIO PPM					
ESTACIÓN	OCT	NOV	DIC	LMP (T1)	LMP (T4)
E1: Severino	ND	ND	ND	0,006	0,001
E2: Balsa en medio	ND	ND	ND	0,006	0,001
E3: Tigre adentro	ND	ND	ND	0,006	0,001
E4: Rio chico	ND	ND	ND	0,006	0,001
E5: Puente Carrizal	ND	ND	ND	0,006	0,001
E6: El aguacate	ND	ND	ND	0,006	0,001

Fuente: (Andrade y Ponce, 2016)

Tabla 4.5: Niveles de plomo y límites máximos permisibles

ESTACIÓN	PLOMO PPM				
	OCT	NOV	DIC	LMP (T1)	LMP (T4)
E1: Severino	ND	ND	ND	0,01	5,0
E2: Balsa en medio	ND	ND	ND	0,01	5,0
E3: Tigre adentro	ND	ND	ND	0,01	5,0
E4: Rio chico	ND	ND	ND	0,01	5,0
E5: Puente Carrizal	ND	ND	ND	0,01	5,0
E6: El aguacate	ND	ND	ND	0,01	5,0

Fuente: (Andrade y Ponce, 2016)

Los valores representados de Cd, Hg y Pb correspondientes a los tres meses de muestreo de las seis estaciones, no exceden los límites máximos de la legislación ambiental, anexo 1 tablas 1 (criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico) y tabla 4 (criterios de calidad de aguas para uso agrícola en riego), debido a que se reportaron valores no detectables en las muestras de agua (anexo 2.1).

4.2. DISCUSIÓN

En relación con los resultados expresados anteriormente, que determinaron los niveles de metales pesados en específico (Cd, Hg y Pb) en las aguas superficiales de las seis estaciones planteadas en la microcuenca del río Carrizal, en los meses de muestreo Octubre, Noviembre y Diciembre fueron estimados en valores de 0,00 ppm encontrándose así por debajo de los límites permisibles establecidos en el Acuerdo ministerial N° 028, considerando así que en ninguno de los casos de las seis estaciones de muestreo existe un riesgo que perjudique a la salud de las personas y al medio ambiente, de la microcuenca del río Carrizal; situación que difiere a los resultados expuestos en la investigación de Rodríguez, F., en el año 2013 que se realizó en agua, sedimentos y organismos del estero Salado donde los niveles de cadmio y plomo se encuentran por encima de los límites permisibles establecidos en el TULSMA, ya que en sus resultados se constata que en los muestreos los valores son altos por la presencia de industrias de varios tipos asentadas en las riveras, que en la mayoría de los casos pueden descargar sus aguas

directamente al estero muchas veces sin tratamiento; comparando así esto con lo expuesto en nuestra investigación cuya realidad y campo de acción es completamente diferente, debido a que se tratan de aguas naturales en zonas montañosas y en cauces altos y medios de una microcuenca donde los metales o cualquier otra sustancia presente en la fase suelo-agua puede verse fácilmente transportado debido a factores climáticos y naturales como lluvias y escorrentías o también debido a que su densidad es mayor que la del agua por ende pueden acumularse y/o almacenarse en el lecho fangoso de las aguas pasando así a los organismos vivos como ocurre por ejemplo en el plomo y mercurio; y por ende considerando que en esta microcuenca el agua es utilizada para el riego de cultivos, y actividades agropecuarias, lo cual en relación con la calidad del agua con fines de riego y consumo humano, no influye porque es un agua calificada en condiciones adecuadas para estas actividades, porque no sobrepasa los límites de metales pesados de la norma antes mencionada.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se pudo evidenciar que la metodología utilizada para el muestreo permitió obtener resultados confiables de los cauce alto, medio y bajo de la microcuenca, debido a que en el tiempo estimado de muestreo existió variación en la precipitación lo que influye en la concentración de metales.
- Las actividades antropogénicas del sector de la microcuenca no han afectado las aguas superficiales, según los resultados obtenidos.
- Los niveles de metales pesados de la microcuenca del río carrizal en agua superficial, se encuentran dentro de los límites permisibles de la legislación ambiental ecuatoriana (Acuerdo Ministerial 028), lo que indica que no existe contaminación metálica en este recurso hídrico.

5.2. RECOMENDACIONES

- Deben de realizarse otras investigaciones en zonas que no fueron consideradas en estudio, con la finalidad de incluir a todas las comunidades de la microcuenca del Carrizal.
- Es importante realizar estudios en sedimento y material suspendido de los ríos de la microcuenca del Carrizal, ya que existe mayor biocumulación en las redes tróficas especialmente del plomo, considerando todos los cauces de la misma.
- Se recomienda que se empleen equipos con un rango de detección más preciso para que puedan leer valores inferiores a los establecidos por la

norma y que sean capaces de detectar metales tanto en agua y sedimentos con una mayor sensibilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- ADECAGUA (Asociación para la defensa de la calidad de las aguas).ES.2012. Legislación. . En Línea. Consultado 27 de mayo de 2015 . Formato html. Disponible en: <http://www.adecagua.es/legislacion/>
- Adriano, D. 1986. Trace elements in the terrestrial environment. Springer. 1ed. US. p 533.
- Álvarez, J; Panta, J; Ayala, C; Acosta, E. 2008. Calidad Integral del Agua Superficial en la Cuenca Hidrológica del Río Amajac. En Línea. MX. Consultado 27 de mayo de 2015 . Formato PDF. Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v19n6/art04.pdf>
- Arana, M. 2009. El caso del derrame de mercurio en choropampa y los daños a la salud en la población rural expuesta. Pr. (en línea). Formato PDF.Consultado, 19 jul. 2015. Disponible en <http://redalyc.org/www.redalyc.org/articulo.oa?id=36311625019>
- Barahona y Tapia, 2010. Calidad y tratabilidad de aguas provenientes de ríos de llanura y embalses eutrofizados. En Línea. EC. Consultado 27 de mayo de 2015. Formato PDF. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2630/1/T-ESPE-029823.pdf>
- Blanco. A; Ortega. L; Dueñas. J; Batista.R; Serafín. R; Autié. M. 2014. Remoción de plomo (II) en vidrio volcánico y propuesta de adsorbedor por etapas. (En línea). MX. Formato HTML. Consultado 20, jul. 2015. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992014000200004&script=sci_arttext
- Cornelis, R; M, Nordberg; Nordberg, G; Friberg, T. 2007. General Chemistry, Sampling, Analytical Methods, and Speciation. Handbook on the toxicology of metals. Elsevier. 4d. US. pp 29-35
- CRE (Constitución de la República del Ecuador). 2008. Título III. CAPITULO 2 Sección SEGUNDA. AMBIENTE SANO (En línea). Formato HTML. Consultado 7 de may, 2015. Disponible en <http://www.desarrollosocial.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/10/constitucion.pdf>

Cuenca, M y Pazuña, A. 2011. Evaluación Ambiental De Los Recursos Hídricos De La Microcuenca Tzunantza, Abastecedora De Agua Para Consumo Doméstico, Cantón Zamora. EC. (En línea). Formato PDF. Consultado 12. Jul 2015. Disponible en: <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5768/1/Cuenca%20Palacios%20Maritza%20%26%20Pazu%C3%B1a%20G%C3%B3mez%20Ana.pdf>

Dávila, F. 2012. Georreferenciación de documentos cartográficos para la gestión de Archivos y Cartotecas. "Propuesta Metodológica". Es. (En línea). Formato PDF. Consultado 15. Jul 2015. Disponible en http://www.ign.es/ign/resources/actividades/SDG/GeorrefIBERCARTO_SANTANDER_oct2012.pdf

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación).2008. La Microcuenca como ámbito de planificación de los recursos naturales. En Línea. Consultado 27 de mayo de 2015. Formato PDF. Disponible en: <http://www.fao.org/climatechange/3032907fbead2365b50c707fe5ed283868f23d.pdf>

_____. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2011. El agua. . En Línea. Consultado 22 de mayo de 2015. Formato html. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/w1309s/w1309s06.htm#TopOfPage>

Faustino, J; Jimenez, F. 2002. Maneo De Cuencas Hidrográficas. Turrialba, Costa Rica. (En línea). Consultado 21, nov. 2015. Formato PDF. Disponible en http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr:8080/bitstream/11554/2946/1/Manejo_de_cuencas_hidrograficas.pdf. p 3.

Gaioli, M; Amoedo, D; González, D. 2012. Impacto del mercurio sobre la salud humana y el ambiente. Impact of mercury on human health and the environment. (En línea). AR. Consultado, 20 de jul. 2015. Disponible en Hidrográficas con Equidad de Género. San José, CR. Hivos/IUCN. 266p.

IGN. Instituto Geográfico Nacional. s.f. Sistemas De Información Geográfica. ES. (En línea). Formato html. Consultado 15. jul 2015. Disponible en <http://www.ign.es/ign/layoutIn/actividadesSistemaInfoGeografica.do>

- Izquierdo, M. 2010. Eliminación de metales pesados en aguas mediante bioadsorción. Evaluación de materiales y modelación del proceso. (En línea). Formato HTML. Consultado 7 de may, 2015. Disponible en <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/52130/izquierdo.pdf;jsessionid=E82B628B0920A1AD5776E0E044A01A99.tdx1?sequence=1>
- Lara, F; Ventura, A; Ehsan, M; Rodríguez, A; Vargas, J; Landero, N. 2015. Contenido de Cd Y Pb en suelo y plantas de diferentes cultivos irrigados con aguas residuales en el Valle del Mezquital, Hidalgo, Revista internacional de contaminación ambiental. (En línea). MX. Consultado, 21 de jul. 2015. Formato PDF. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v31n2/v31n2a2.pdf>
- MAE (Ministerio del Ambiente Ecuatoriano). 2015. Reforma del libro VI del texto unificado de legislación secundaria. (En línea). EC. Consultado 20 jul. 2015. Formato PDF. Disponible en <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/185880/ACUERDO+061+REFORMA+LIBRO+VI+TULSMA+-+R.O.316+04+DE+MAYO+2015.pdf/3c02e9cb-0074-4fb0-afbe-0626370fa108>
- Mancera, J y Álvarez, R. 2006 Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia. (En línea). CO. Consultado, 6 de may. 2015. Formato PDF. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v11n1/v11n1a01>
- MAPFREE. (1994). Manual de Contaminación Ambiental. ITSEMAP AMBIENTAL. MARPFRE. 2ed. Madrid, ES. p 120
- Martín, 2008. Caracterización y aplicación de biomasa residual a la eliminación de metales pesados. (En línea) Formato PDF. Consultado, 15 jul. 2015. Disponible en http://132.248.8.68/editorial/rica/congreso_tlaxcala/REVISTA/contaminacion/acervo/vol_17_3/2.pdf
- Martínez. R; Feldman, N; Granger. G; Chain. S; Soria. S. 2012. Intoxicación con plomo: evaluación clínica y estudios complementarios en niños revista Ciencias de la Salud. (En línea). Formato HTML. Consultado 20, jul. 2015. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56223337002>
- Marrugo, J. 2011. Evaluación De La Contaminación Por Metales Pesados En La Ciénaga La Soledad Y Bahía De Cispatá, Cuenca Del Bajo Sinú, Departamento De Córdoba. (En línea). Consultado 22 de ago. 2015.

Formato PDF disponible en:
http://web.www3.unicordoba.edu.co/sites/default/files/Informe%20Final_CB%2010-08%20Jos%C3%A9%20Luis%20Marrugo%20Negrete.pdf

Ministerio de Agricultura. 2011. Dirección De Gestión de calidad de los recursos hídricos. Protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos. (En línea). PE. Consultado 28 de mar. 2016. Pág. 8-9. Formato PDF.

Moalla, S.M., Awadallah, R.M., Rashed, M.N., Soltan, M.E. (1998). Distribution and chemical fractionation of some heavy metals in bottom sediments of Lake Nasser. *Hidrobiologia* 364, 31-40.

Mora. D; Sánchez. L; Razo. L; González, C; Medina. I; Robledo. M; Rojas. A. 2012. Presencia de arsénico y coliformes en agua potable del municipio de Tecuala, Nayarit, México. (En línea). MX. Consultado 20, jul. 2015. Formato HTML. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000200003

Murray, K. 1996. Statistical comparisons of heavy metal concentrations in River sediments. *Environmental Geology* 27, 54-58. N.F. Gray. 2000 ``Calidad del Agua potable``, editorial Acribia, S.A –

OMS. Organización mundial de la salud. 215. Agua. Es. Formato html Consultado 15, jul. 2015. Disponible en <http://www.who.int/topics/water/es/>

Pérez, P, Azcona, M, 2012. Los efectos del cadmio en la salud *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*. (En línea). Consultado 21, ago. 2015. Formato PDF. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47324564010> ISSN 1665-7330

Philip, R. 2001. *Ecosystems and Human Health. Toxicology and Environmental Hazards*. Lewis Publishers. US. 2ed p 148 – 150.

PNUMA (PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE), 2005. Evaluación Mundial Sobre El Mercurio. (en línea). Formato PDF. Consultado 23, jul. 2015. Disponible en <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Mercury/Documents/Publications/final-assessment-report-Nov05-Spanish.pdf>

- Poma, P. 2008. Intoxicación por plomo en humanos. Anales de la Facultad de Medicina (En línea). Consultado, 22 de jul. 2015. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37911344011>
- PRIMUSLBS, sf. (Primus Laboratorios De México). Muestreo Microbiológico De Agua. MX. (En línea). Formato PDF. Consultado 13. Jul 2015. Disponible en: http://www.primuslabs.com/spanish/services/guia_de_muestreo_para_aguas.pdf
- Richters, J. 1995. Manejo del uso de la tierra en América Central hacia el aprovechamiento sostenible del recurso tierra. San José, CR. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 1995. 440 p.
- Rodríguez, F. 2013. 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). Tesis para la obtención de Biólogo. Guayaquil, Ecuador. Formato PDF.
- Rondón, J. 2012. La contaminación del agua. En Línea. Consultado 27 de mayo de 2015. Formato PDF. Disponible en: <http://johannarondon84.blogspot.com/2012/07/definicion-de-la-contaminacion-del-agua.html>
- Rosas, H. 2001. Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca del Llobregat. (En línea). MX. Consultado, 15 de jul. 2015. Formato HTML. Disponible en <http://www.tesisenred.net/handle/10803/6978>
- Sanz, A; Palacios, M; Avello, M; Gómez, P; Martínez, M; Rodríguez, M. 2001. Nivel de arsénico en abastecimientos de agua de consumo de origen subterráneo en la comunidad de Madrid. (En línea). Formato PDF. Consultado, 19 jul. 2015. Disponible en <http://www.scielosp.org/pdf/resp/v75n5/a03v75n5.pdf>
- Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo SENPLADES. 2013. Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017. Objetivo Nacionales de Desarrollo. (En línea). EC. Formato HTML. Consultado 7 de may, 2015. Disponible en <http://www.buenvivir.gob.ec/37>
- Siavichay, R. 2013. Determinación de cadmio y plomo en el tejido blando, hepatopáncreas del cangrejo rojo (*ucides occidentalis*) y sedimento de la

reserva ecológica manglares churute. (En línea). EC. Consultado 19 de jul. 2015. Formato PDF. Disponible en <http://www.tesisenred.net/handle/10803/6978>

Siles, J.; Soares, D. 2003. La fuerza de la Corriente. Gestión de Cuencas Hidrográficas con Equidad de Género. Editorial Acribia. Zaragoza, ES. 266p

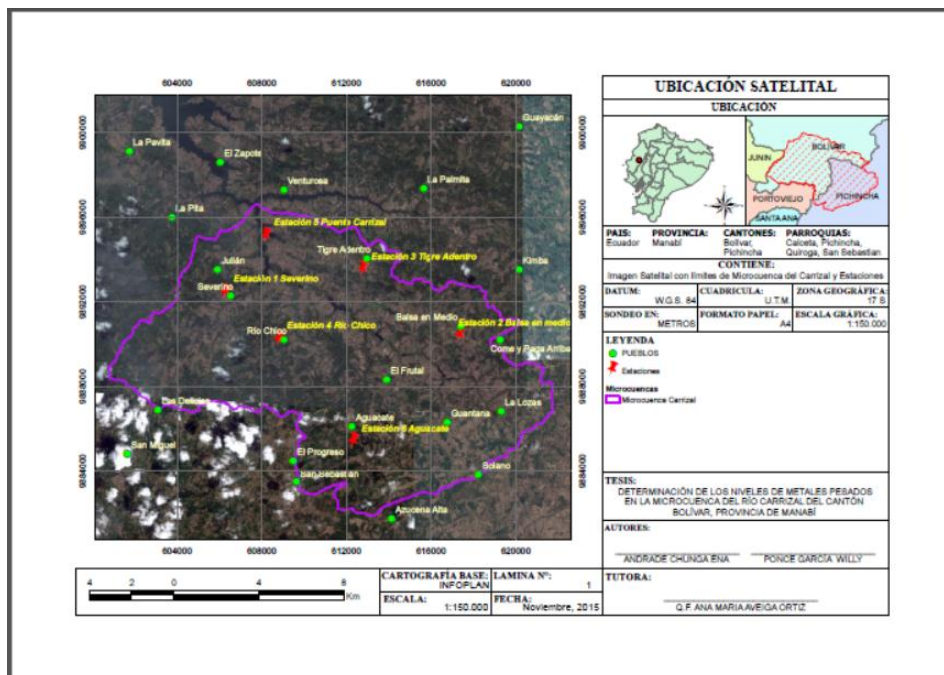
Texto Unificado de La Legislación Secundaria del Medio Ambiente TULSMA. 2015. Libro VI, Anexo I Recurso Agua. Edición Especial No 270. p 10.

Vílchez, R. 2005. Eliminación De Metales Pesados De Aguas Subterráneas mediante Sistemas De Lechos Sumergidos. (En línea). ES. Consultado 18 de jul. 2015. Formato PDF. Disponible en: <http://hera.ugr.es/tesisugr/1542649x.pdf>

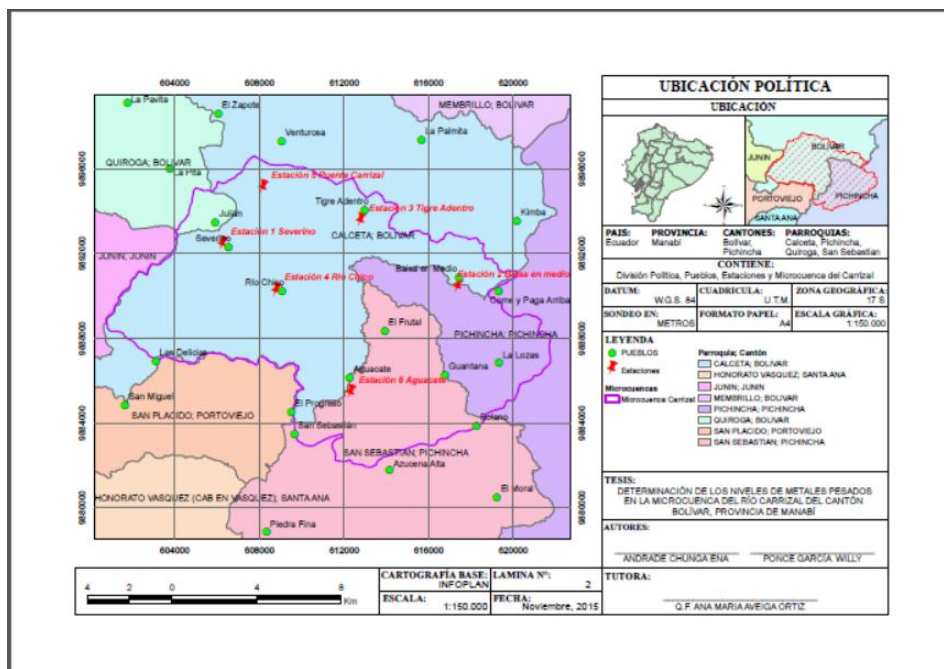
ANEXOS

ANEXO 1

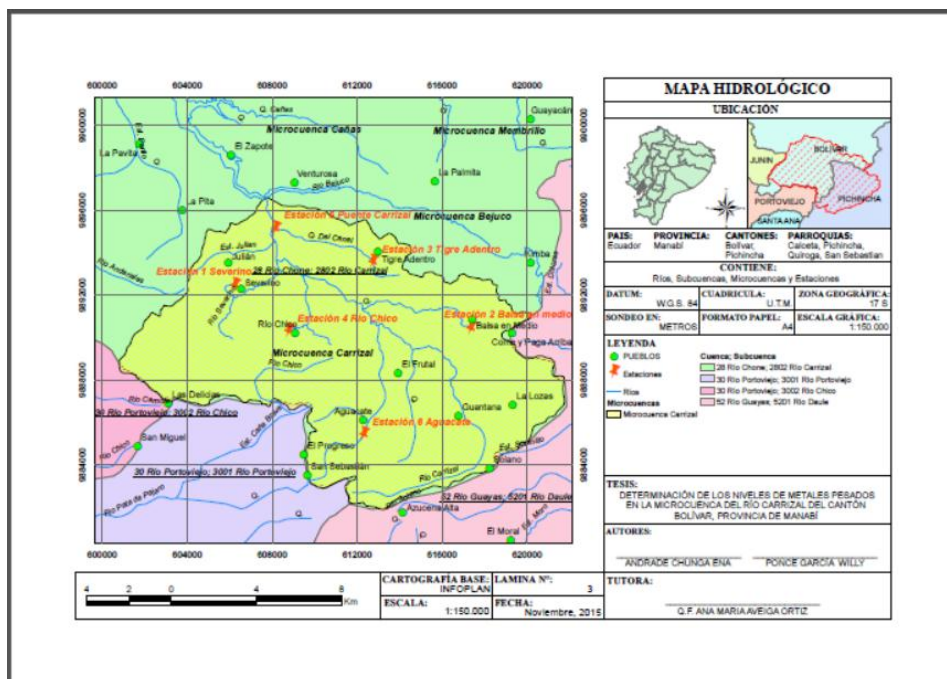
Mapas representativos de la microcuenca del río Carrizal



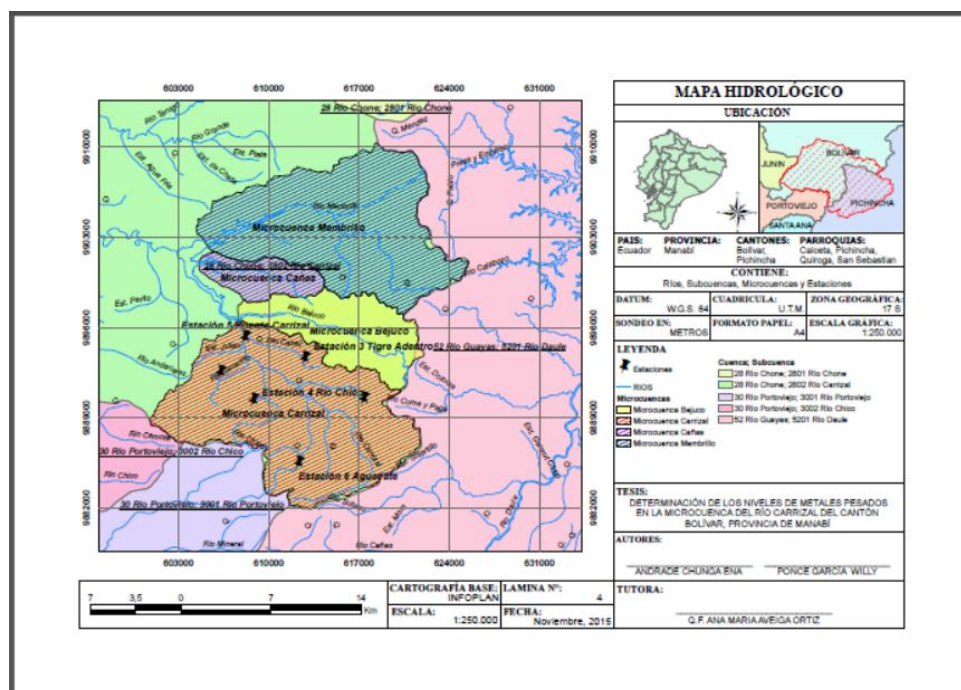
Anexo 1.1. Imagen satelital de la microcuenca del río Carrizal



Anexo 1.2. Imagen de división política de la microcuenca del río Carrizal



Anexo 1.3. Imagen hidrológica de la microcuenca del río Carrizal



Anexo 1.4. Imagen de límites de la microcuenca del río Carrizal con otras microcuencas

ANEXO 2

Reportes de laboratorios

		INFORME DE ENSAYO N° 182980-01	
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE RECURSOS NATURALES Calle 100, Av. Raúl Gómez León s/n y Av. Juan José Morúa (Carrera Napierón)		Teléfono: (504-4) 3807748078 e-mail: iirn@iirn.gov.gt	
LABORATORIO DE ESPECTROFOTOMETRÍA			

RESULTADOS ANALITICOS

Código Exterior	Código Interior	Cadmio (ppm)	Plomo (ppm)
Noviembre E1	RM/LE/003	ND*	ND
Noviembre E2	RM/LE/004	ND	ND
Noviembre E3	RM/LE/005	ND	ND
Noviembre E4	RM/LE/006	ND	ND
Noviembre E5	RM/LE/007	ND	ND
Noviembre E6	RM/LE/008	ND	ND
Diciembre E1	RM/LE/009	ND	ND
Diciembre E2	RM/LE/010	ND	ND
Diciembre E3	RM/LE/011	ND	ND
Diciembre E4	RM/LE/012	ND	ND
Diciembre E5	RM/LE/013	ND	ND
Diciembre E6	RM/LE/014	ND	ND

*ND: Valores no detectados, es decir lo valores están por debajo del límite de detección del equipo (Cd: $0,01\text{ ppm}$; Pb: $0,01\text{ ppm}$), los mismos que se encuentran por debajo de lo indicado en la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Rucarro agua. Tabla 1. Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico (Cd: $0,02\text{ mg/L}$ y Pb: $0,01\text{ mg/L}$), Tabla 2. Criterios de calidad de agua para riego (Cd: $0,05\text{ mg/L}$ y Pb: 5 mg/L)

Nombre de Responsable:	Fecha:	Página
RS: Marisol Nieto de Ugas	16 de enero del 2016	Página 2 de 2
La información de este informe es válida por el tiempo que se indica en la totalidad, por lo anterior los datos del IIRN. Este informe es válido por el tiempo que se indica en la totalidad, por lo anterior los datos del IIRN.		

SECRETARÍA

Anexo 2.1.: Reportes de Resultados de Cd y Pb (Noviembre y Diciembre)





LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS

Pag 1/1

ORIGINAL

CÓDIGO ÚNICO No.	T257-624-MS4		Reporte No.	1738
EMPRESA	NOMBRE: ENA MONSERRATE ANDRADE CHUNGA			
	DIRECCIÓN: CALLES GRANDA CONTINO Y CHILE.			
TIPO DE PRODUCTO	AGUA SUPERFICIAL, Balsa en Medio			
FACTURA	CODIGO/LOTE		FECHA DE RECEPCIÓN	25/01/2018
PESO DECLARADO	MARCA		FECHA FINALIZACIÓN DE ANÁLISIS	26/01/2018
ORDEN DE TRABAJO	4883	CLASIFICACIÓN	N/A	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS
CONDICIONES AMBIENTALES	Temperatura(°C) 19-26	HUMEDAD RELATIVA	Humedad Relativa: (%) 49-70	

RESULTADO DE ANÁLISIS			
PARAMETRO	METODO REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
*Cadmio	PI_MP2 AOAC 999.10, Ed. 18, 2012	< 0,014	mg/L
*Mercurio	PI_MP1 VARIAN AA-60 1966	< 0,09	mg/L
*Plomo	PI_MP3 AOAC 999.10, Ed. 18, 2012	< 0,035	mg/L

Muestreo realizado por	LA EMPRESA
Observaciones	0,014 mg/L, primer punto de la curva de calibración de Cd. 0,09 primer punto de la curva de calibración para Hg. 0,035 mg/L, primer punto de la curva de calibración de Pb

NOTA: Este reporte solamente puede ser reproducido de forma integral y con la autorización por escrito del IAP. Está totalmente prohibida su reproducción de forma parcial. Los resultados emitidos en este reporte se refieren exclusivamente al material ensayado y no son relacionados directamente a productos no ensayados. Los registros de los análisis son archivados en el laboratorio y pueden ser consultados bajo las condiciones de temperatura de recepción de la muestra. Los análisis realizados en el laboratorio son válidos para la exportación.



DRA. VALENTINA ORTEGA

RESPONSABLE DE AUTORIZACIÓN



ING. FERNANDA HURTADO

DIRECTOR(A) TÉCNICO(A)

Letamardi 102 y la Rúa * Teléfono: (593-4) 2401 773 - 2401 776 - 2401 779 * Fax:(593-4) 2402 304
 P.O. Box: 09-01-15131 * E-mail: iap@repositorio.gob.ec * Guayaquil - Ecuador

Anexo 2.2.: Reportes de los resultados de Cd y Pb (Oct) y Hg (Oct, Nov, Dic)

ANEXO 3

Registro Fotográfico



Anexo 3.1.: E1: Severino



Anexo 3.2.: E2: Balsa en medio



Anexo 3.3.: E3: Tigre Adentro



Anexo 3.4.: E4: Rio Chico



Anexo 3.5.: E5: Puente Carrizal



Anexo 3.6.: E6: El aguacate



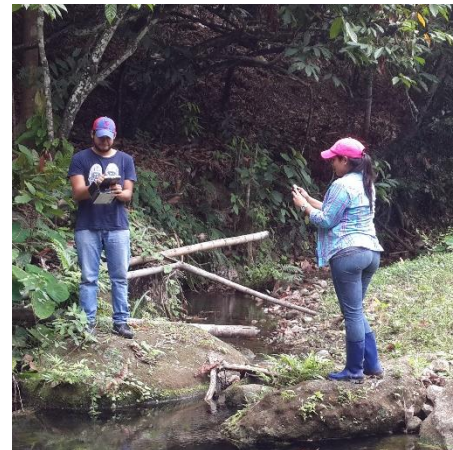
Anexo 3.6.: Muestras
receptadas



Anexo 3.7.: Toma de
muestras



Anexo 3.7.1.: Toma de
muestras



Anexo 3.8.: Muestreo de la
zona de estudio