



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE  
MANABÍ MANUEL FÉLIX LOPEZ  
CARRERA DE MEDIO AMBIENTE**

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

**TEMA:**

**CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN AGUA Y SEDIMENTO EN  
EL RÍO CARRIZAL DEL CANTÓN BOLÍVAR, PROVINCIA DE MANABÍ**

**AUTORES:**

**SONIA PAMELA MONTESDEOCA RIVERA**

**RICARDO LUIS ZAMORA LOOR**

**TUTORA**

**Q.F ANA MARÍA AVEIGA ORTIZ, MGS.**

**CALCETA, NOVIEMBRE 2017**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

Sonia Pamela Montesdeoca Rivera y Ricardo Luis Zamora Loor, 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.

.....

**SONIA P. MONTESDEOCA RIVERA**

.....

**RICARDO L. ZAMORA LOOR**

## CERTIFICACIÓN DE TUTORA

M.Sc. Ana María Aveiga Ortiz, certifica haber tutelado la tesis **CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN AGUA Y SEDIMENTO EN EL RÍO CARRIZAL DEL CANTÓN BOLÍVAR, PROVINCIA DE MANABÍ**, que ha sido desarrollada por Sonia Pamela Montesdeoca Rivera y Ricardo Luis Zamora Loor, 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.Sc.**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** la tesis **CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN AGUA Y SEDIMENTO EN EL RÍO CARRIZAL DEL CANTÓN BOLÍVAR, PROVINCIA DE MANABÍ**, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por Sonia Pamela Montesdeoca Rivera y Ricardo Luis Zamora Loor, 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.

.....  
M.Sc. LAURA MENDOZA CEDEÑO

**MIEMBRO**

.....  
M.Sc. ROBERTO ZAMBRANO FARIAS

**MIEMBRO**

.....  
M. Sc. FRANCISCO VELÁSQUEZ INTRIAGO

**PRESIDENTE**

## **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, 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. Erika Murgueitio y Q.F Patricio Noles por guiarnos en 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.

**LOS AUTORES**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta meta cumplida principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres, por ser los pilares más importantes y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mis hermanos que siempre han estado junto a mí brindándome su apoyo.

A Robert Romero Tóala, Víctor Zambrano, quienes con sus palabras de aliento no me dejaron decaer para que siguiera adelante. A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos en esta etapa profesional.

**SONIA P. MONTESDEOCA**

## DEDICATORIA

A Dios por el regalo de la vida, por ser mi fuente de vida y haberme fortalecido en los tiempo más difíciles en mi vida, sin sus bendiciones no podría haber logrado uno de mis más anhelados sueños, por haberme dado fuerzas para no darme por vencido.

A mi madre Fátima Loor por haber depositado toda la confianza, creer en mí y por haberme apoyado siempre, aun en sus momentos más difíciles de su vida, mama gracias por haberme hecho profesional y esto te lo debo a ti.

A mis hermanas, Lisbeth Zamora y Emilia Altamirano, por estar siempre conmigo, las amo mucho.

A la Revolución Ciudadana por haber hecho en la Constitución de la República la educación gratis, donde muchos jóvenes de casos recurso podemos hoy en día estudiar y seguir adelante con nuestros sueños y anhelos, Hasta La Victoria Siempre.

A mi tío Miltón Macías, a mi amigo Homero Tortorelli, 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.

**RICARDO L. ZAMORA**

## CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA.....	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTORA .....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
DEDICATORIA .....	vii
CONTENIDO GENERAL .....	viii
CONTENIDO DE CUADROS .....	x
CONTENIDO DE FIGURAS .....	x
RESUMEN .....	xi
PALABRAS CLAVE .....	xi
ABSTRACT .....	xii
KEY WORDS .....	xii
<b>CAPÍTULO I. ANTECEDENTES .....</b>	<b>1</b>
1.3.1 OBJETIVO GENERAL .....	3
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
2.1.1. CALIDAD DEL AGUA .....	4
2.1.2. IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA .....	5
2.3.1. AGROQUÍMICOS .....	7
2.3.2. HERBICIDAS .....	7
2.3.3. FUNGICIDAS .....	8
2.7.1. ARSÉNICO EN AGUA .....	11
2.7.2. ARSÉNICO EN SEDIMENTO .....	12
2.7.3. EFECTOS DEL ARSÉNICO A LA SALUD .....	13

2.8.1 SUB-CUENCA .....	14
2.10.1. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (S.I.G.) .....	14
2.10.2. MUESTREO DE AGUAS SUPERFICIALES.....	15
2.10.3. MUESTREO DE SEDIMENTOS .....	15
2.11.1. MÉTODO GUTZEIT .....	16
2.11.2. MÉTODO DIETILDITIOCARBONATO DE PLATA .....	16
2.11.3. MÉTODO AZUL DE MOLIBDENO .....	16
2.11.4. DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO POR ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA DE LLAMA POR GENERACIÓN DE HIDRUROS.....	17
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO.....	19
3.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE .....	19
3.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE .....	19
3.5.1. FASE 1: DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	20
ACTIVIDAD 1.1: ESTABLECIMIENTO DE LOS PUNTOS DE MUESTREO DE LA ZONA DETERMINADA. ....	20
ACTIVIDAD 1.2: GEORREFERENCIACIÓN DEL ÁREA DE MUESTREO.....	20
3.5.2. FASE 2: DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO TOTAL EN AGUA Y SEDIMENTO DEL RÍO CARRIZAL.....	21
ACTIVIDAD 3.1: TOMA DE MUESTRA EN AGUA Y SEDIMENTO.....	21
MUESTREO DE ARSÉNICO EN AGUA.....	21
MUESTREO DE ARSÉNICO EN SEDIMENTOS. ....	22
PREPARACIÓN DE LAS MUESTRA EN SEDIMENTOS. ....	22
ACTIVIDAD 3.2: DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE ARSÉNICO EN AGUA Y SEDIEMENTO .....	23
3.5.3. FASE 3: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS MEDIANTE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL	

ECUATORIANA VIGENTE Y LA LEGISLACIÓN INTERNACIONAL CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT .....	23
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
4.1.1. DELIMITACIÓN LA ZONA DE ESTUDIO.....	24
4.1.2. DETERMINACIÓN LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO TOTAL EN AGUA Y SEDIMENTO DEL RÍO CARRIZAL .....	25
4.1.3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS MEDIANTE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL ECUATORIANA VIGENTE Y LA LEGISLACIÓN INTERNACIONAL CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT .....	27
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	30
BIBLIOGRAFÍA.....	31

## CONTENIDO DE CUADROS

<b>Tabla 4.1.</b> Coordenadas de las estaciones de muestreo .....	24
<b>Tabla 4.0.2.</b> Niveles de Arsénico en agua del río Carrizal.....	26
<b>Tabla 4.3.</b> Niveles de Arsénico en sedimento del río Carrizal .....	26
<b>Tabla 4.4.</b> Niveles de Arsénico determinados en agua y límites máximos permisibles.....	27
<b>Tabla 4.5.</b> Niveles de Arsénico determinados en sedimentos y límites máximos permisibles.....	27

## CONTENIDO DE FIGURAS

<b>Figura 4.1.</b> Estaciones de muestreo de la sub-cuenca del Carrizal .....	24
---	----

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la concentración de arsénico en el río Carrizal del cantón Bolívar provincia de Manabí, con el fin de evaluar la contaminación existente en dicho río. En este estudio se establecieron nueve estaciones de muestreo, ubicados en los sitios La Esperanza, Quiroga, Barranco Colorado, Sarampión, Mata Palo, Los Almendros, San Bartolo, La Karina y El Limón, de acuerdo como lo establece el “Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos” (2016), de la autoridad nacional del agua del Perú, donde se tomaron muestras de agua y sedimento en cada lugar georreferenciado, durante los meses de febrero, marzo y abril. Esta investigación es cuantitativa no experimental y los análisis realizados se llevaron a cabo en el laboratorio de medio ambiente de la ESPE (Escuela Superior Politécnica Del Ejército), donde se realizaron por espectrofotometría de absorción atómica de llama con generación de hidruros, donde se obtuvieron los siguientes resultados: Arsénico en agua superficial en el mes de febrero de 2,344 ppm a 10,005 ppm (época seca), en marzo y abril <0,00 ppm (época lluviosa), Arsénico en sedimentos <0,00 ppm en los meses antes mencionados, los mismos que fueron comparados con los valores establecidos en la legislación ambiental ecuatoriana (Acuerdo ministerial N° 061), para agua superficiales y para sedimento la norma internacional Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic life, lo cual permitió concluir que las actividades antropogénicas afectan a la calidad del agua en época donde no existes precipitaciones.

## PALABRAS CLAVE

Contaminación por arsénico, aguas superficiales, sedimentos, legislación ambiental.

## **ABSTRACT**

The present investigation aimed to determine the concentration of arsenic in the Carrizal river of the Bolivar canton of Manabí province, in order to evaluate the contamination existing in that river. In this study, nine sampling stations were established, located at La Esperanza, Quiroga, Barranco Colorado, Measles, Mata Palo, Los Almendros, San Bartolo, La Karina and El Limón sites, according to the "Protocol of Monitoring the Quality of Water Resources" (2016), from Peru's national water authority, where water and sediment samples were taken at each geo-referenced site during the months of February, March and April. This research is quantitative non-experimental and the analyzes were carried out in the environment laboratory of ESPE (Higher Polytechnic School of the Army), where they were carried out by spectrophotometry of atomic absorption of flame with generation of hydrides, where the following results: Arsenic in surface water in February from 2,344 ppm to 10,005 ppm (dry season), in March and April <0.00 ppm (rainy season), Arsenic in sediments <0.00 ppm in the above mentioned months , the same ones that were compared with the established values in the Ecuadorian environmental legislation (Ministerial Agreement No 061), for surface water and for sediment the international norm Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic life, which allowed to conclude that the anthropogenic activities affect water quality in times when there are no rainfall.

## **KEY WORDS**

Contamination by arsenic, surface water, sediment, environmental legislation.

# CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

## 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Según Boy, (2015), dice que la contaminación del agua es la adición de sustancias extrañas que deterioran la calidad de agua que se refiere a su aptitud para los usos beneficiosos como bebida de hombres y animales, riego de cultivos y para recreación. Fernández, *et al.*, (2005) dice que la calidad de agua desde el punto de vista ecológico, depende fundamentalmente de los aportes naturales dados por las lluvias y por la naturaleza geoquímica del terreno.

Para Richters, (1995) menciona que 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. Izquierdo, (2010) manifiesta que 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, constituyen una de las principales causas de contaminación de los cuerpos de agua.

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

Según, (Litter *et al.*, 2009) el arsénico es un elemento que está ampliamente distribuido en la atmósfera, en la hidrósfera y la biósfera, y la corteza terrestre. Ya que el arsénico se encuentra en una gran cantidad en el ambiente, (Murgueitio *et al.*, 2015) confirma que proveniente de fuentes naturales como:

emisiones volcánicas, meteorización y actividades biológicas, ya que también existe una contribución importante como son las actividades antropogénicas: pesticidas, minería, conservantes de madera y fundición de metales.

El río Carrizal, del cantón Bolívar, provincia de Manabí, no es ajeno a la problemática de degradación de los recursos naturales, principalmente referido al uso y manejo de los cuerpos de agua.

Este río está siendo afectado 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 el río aportando nutrientes a los mismos.

Debido a que no existe información sobre la presencia o ausencia de arsénico en el río Carrizal, se plantea la siguiente interrogante: ¿Cuál es la concentración de arsénico total en el río 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.

La Constitución de la República del Ecuador (2008) en el Art. 12 “El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.” Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

El estudio de la presencia de arsénico en aguas y sedimentos del río Carrizal constituye un aporte a la disposición de información de carácter ambiental y contribuirá a su diagnóstico 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, asegurará el acceso al 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, la Secretaria nacional de planificación y desarrollo (SENPLADES, 2013) estipula en el Objetivo 7 del Plan Nacional del Buen Vivir “Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global”

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la concentración de arsénico en el río Carrizal del cantón Bolívar, provincia de Manabí.

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Delimitar la zona de estudio.
- ✓ Determinar la concentración de arsénico total en agua y sedimento del río Carrizal.
- ✓ Realizar el análisis e interpretación de los resultados mediante la legislación ambiental vigente.

### **1.4 HIPÓTESIS**

La concentración de arsénico total de las aguas y sedimentos del río Carrizal están dentro de los límites permisible del TULSMA y Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME).

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. FUNDAMENTO DE LA QUÍMICA DEL AGUA**

El agua puede contener una gran variedad de impurezas, características del agua en el ciclo hidrológico que ha experimentado previamente, ya que el agua es un compuesto molecular constituido por hidrogeno y oxígeno (Romero, 1996). Dado a que el oxígeno tiene un carácter no metálico mayor, posee una mayor electronegatividad (Concha, 2014). Los metales que entran en el sistema acuático pueden tener orígenes naturales o son introducidos por procesos antropogénicos, dependiendo de la composición de la roca madre, la erosión y la lixiviación química del suelo (Jiménez, 2012).

#### **2.1.1. CALIDAD DEL AGUA**

Calidad del agua, condición general que permite que el agua se emplee para usos concretos. El concepto de calidad del agua es usado para describir las características químicas, físicas y biológicas del agua. Está determinada por la hidrología, la fisicoquímica y la biología de la masa de agua a que se refiere. Las características hidrológicas son importantes ya que indican el origen, cantidad del agua y el tiempo de permanencia, entre otros datos (Tincopa, 2005).

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO en el (2011) confirma que la agricultura, en cuanto mayor usuario del agua dulce a escala mundial y principal factor de degradación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos como consecuencia de la erosión y de la escorrentía química, justifica la preocupación existente por sus repercusiones mundiales en la calidad del agua a escala mundial. Otra actividad afín, el sector de la elaboración agroalimentaria, es también una fuente significativa de contaminación orgánica en la mayor parte de los países. En la actualidad, la acuicultura es también un importante problema en los medios de agua dulce, estuarios y costas, lo que ha dado lugar a eutrofización y daños en los

ecosistemas. Las principales dimensiones ambientales y de salud pública del problema de la calidad del agua dulce en el mundo son los siguientes:

- ✓ Cinco millones de defunciones anuales como consecuencia de enfermedades transmitidas por el agua.
- ✓ Disfunción del ecosistema y pérdida de biodiversidad.
- ✓ Contaminación de los ecosistemas marinos debido a actividades realizadas en tierra.
- ✓ Contaminación de los recursos de aguas subterráneas.
- ✓ Contaminación mundial por contaminantes orgánicos persistentes.

### **2.1.2. IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA**

Radulovich, (1997), confirma que cada vez la disponibilidad de agua para consumo humano es menor, debido al crecimiento poblacional, incrementos en consumo per cápita, la contaminación de fuentes de agua y en general, al manejo inadecuado de las cuencas hidrográficas. Faustino, J. (1986), refiere que aunque la cantidad de agua es constante, la calidad de la misma va disminuyendo rápidamente como consecuencia de la contaminación de las fuentes de agua, lo cual generaría estrés hídrico a nivel general.

La magnitud del problema de la contaminación es tal, que en muchos países es ya imposible solucionar el problema mediante dilución (por efecto del aumento de caudal) y que a largo plazo se prevé un descenso de los recursos alimentarios sostenibles (Ongley, 1997).

### **2.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS NATURALES**

Para Sarria, M. (2013) las aguas naturales por lo común son soluciones de diferente complejidad. Esto se debe al estrecho contacto que tiene el agua natural con los compuestos químicos de la litosfera, la atmósfera y la biosfera. El agua lluvia contiene gases de la atmósfera y, algunas veces, contaminantes de aire disueltos. El agua de los ríos y lagos contiene minerales disueltos, gases atmosféricos, y diversos compuestos químicos liberados por el hombre. El agua de mar constituye una selección compleja que se compone de varios

compuestos químicos. Los compuestos químicos de las aguas naturales contribuyen a determinar las propiedades importantes del agua. Algunos de tales compuestos son vitales para las plantas y los animales acuáticos. Por otro lado, varios de estos compuestos químicos interfieren con el uso al que se destina el agua y por tanto, se les considera contaminantes (Fernández, *et al.*, 2005).

### **2.3. FUENTES DE CONTAMINACIÓN ANTROPOGÉNICA**

La actividad agrícola utiliza un promedio cercano al 70% de todas las fuentes de suministro de agua y ha sido reconocida como una de las principales fuentes difusas de contaminación de las aguas dulces, estuarios y costeras. Existen formas variadas de contaminación por esta fuente difusa que finalmente concentra sus efectos nocivos en las desembocaduras de los ríos en el mar. Todas las fuentes causan contaminación por la descarga de contaminantes agrícolas y sedimentos a las aguas superficiales y subterráneas (Escobar, 2002).

Algunas actividades humanas incrementan potencialmente la concentración de As en el aire, agua y suelo en el ámbito local. La influencia antropogénica en el nivel de As depende de la intensidad y tipo de la actividad humana que lo genere, de la distancia de la fuente contaminante y de cómo se dispersa el contaminante en el medio (Reyes, *et al.*, 2016). El As se puede acumular en el suelo a través de diferentes actividades humanas como actividades agrícolas donde el uso de plaguicidas a base de As (arsenatos y arsenitos) y fertilizantes con trazas de As producen residuos de larga duración en los suelos agrícolas, lo cual, junto con el regadío de cultivos con agua contaminada con As, provoca su acumulación en las primeras capas del suelo y con ello, el incremento del riesgo de absorción por parte de las raíces de las plantas, lo cual puede ocasionar su transferencia a lo largo de la cadena trófica (Alonso, 2014).

El problema más prioritario de nuestro tiempo, después únicamente del relativo a la disponibilidad de agua potable, es el del acceso a los alimentos. Por ello, la agricultura es un componente dominante de la economía mundial. Si bien la

mecanización de la agricultura en muchos países ha reducido espectacularmente la parte de la población que trabaja en ese sector, la necesidad acuciante de producir alimentos en cantidad suficiente ha repercutido en las prácticas agrícolas de todo el mundo (FAO, 2011). En muchos países, esta presión ha originado una expansión hacia tierras marginales y normalmente está asociada a la agricultura de subsistencia. En otros, la necesidad de alimentos ha llevado a la expansión del riego y a una utilización cada vez mayor de fertilizantes y plaguicidas con el fin de lograr y mantener rendimientos superiores (Isla, 2013).

### **2.3.1. AGROQUÍMICOS**

Los agroquímicos son mezclas de productos químicos que fabrican los científicos para eliminar: plagas, hierbas o enfermedades de las plantas. La mayor parte de estos químicos son el resultado de experimentos científicos y tienen un gran poder de destrucción, sobre todo destruyen la vida, no sólo de animales y plantas, sino también de las personas. El origen de los agroquímicos fue durante la Segunda Guerra Mundial. Países como Alemania y los Estados Unidos, crearon varias armas químicas.

En la misma década, se descubre en Alemania El Paratión; este plaguicida es muy efectivo contra los insectos, pero también es venenoso para las personas. Posteriormente, surge el Clordano y a partir de 1950 los plaguicidas eran ya muy variados. En 1990, se fabricaron cinco millones de toneladas de plaguicidas con un valor de más de veintiún mil millones de dólares (Alvares 2006).

### **2.3.2. HERBICIDAS**

Las plantas no deseadas que crecen en los cultivos constituyen uno de los problemas clásicos en agricultura, contra las que el hombre lucha mediante el empleo de herbicidas. Desde el punto de vista de su naturaleza química hay más de 12 familias de compuestos químicos que se usan como herbicidas. Hay herbicidas selectivos que solo matan algún tipo de plantas y otros no selectivos que matan toda la vegetación.

Entre los selectivos los hay que eliminan las plantas con hoja ancha mientras que otros eliminan las gramíneas. En la actualidad se emplean herbicidas muy variados que se aplican por lo general directamente sobre el terreno cultivado, o sobre las hojas del vegetal, originando en ambos casos, una acumulación más o menos grande del producto en los correspondientes suelos. Los herbicidas presentan mecanismos de acción muy variada pudiendo actuar por diferentes vías simultáneamente o de distinta forma según la concentración (Villamar, 2012).

### **2.3.3. FUNGICIDAS**

Los fungicidas se aplican selectivamente a aquellos cultivos que han perdido la resistencia natural al ataque por parte de hongos, tratándose normalmente las enfermedades producidas por este tipo de parásitos a nivel de las hojas. Algunos se utilizan para proteger la superficie exterior de distintas partes de la planta (no penetrante), mientras que otros pueden entrar en el vegetal a través de las raíces y llegar al follaje por vía interna. Existen asimismo algunas clases de agentes micostáticos de tipo inorgánico, principalmente sales de níquel, cinc, cobre, cromo, mercurio (Fernández, 2013).

### **2.4. BIODISPONIBILIDAD**

Para que un metal ejerza efectos tóxicos debe ser biodisponible, lo que significa que debe estar disponible para la ingesta, acumulación e introducción vía todas las rutas de acceso disponibles hacia los seres vivos. Los iones libres son generalmente considerados como los más biodisponibles y es por eso que tienen efectos tóxicos más graves (Isla, 2013). El As puede estar disuelto en el agua o puede ser adsorbido sobre los sedimentos o acumulado en los organismos acuáticos, durante su transporte se pueden distribuir entre la fase acuosa y los sedimentos suspendidos (Alonso, 2014).

Los metales como contaminantes en sistemas acuáticos pueden existir en diferentes formas químicas (iones libres, complejos inorgánicos, complejos orgánicos, óxidos, hidróxidos, silicatos, carbonatos, coloides, etc.) Competencia con otras especies existentes en el agua. La naturaleza química de elementos

minoritarios y trazas como P, B y V hace que puedan presentar especies con comportamientos similares. Así, el fosfato que generalmente está presente en una mayor concentración que la especie de arsénico ocupará posiciones de adsorción que limita la fijación de arsénico (Fernández, *et al.*, 2005).

## **2.5. AGUAS SUPERFICIALES Y METALES PESADOS**

En la actualidad se estima que más de un millón de sustancias diferentes son introducidas en las aguas naturales a través de los vertidos antropogénicos (Förstner, 1993), las que pueden alterar las características organolépticas del agua, perturbar severamente el ecosistema y/o ser directamente nocivas para el hombre.

Los contaminantes orgánicos y los metales pesados no se eliminan de los ecosistemas acuáticos en forma natural debido a que no son biodegradables (Förstner, y Witmann, 1981). Los metales pesados en los sistemas acuáticos como los ríos tienden a formar asociaciones con sustancias minerales carbonatos, sulfatos, etc. (Murray, 1996). En mayor grado con sustancias orgánicas mediante fenómenos de intercambio iónico, adsorción, quelación, formación de combinaciones químicas etc., acumulándose principalmente en los sedimentos (Dekov *et al.*, 1997).

## **2.6. SEDIMENTOS Y METALES PESADOS**

Mc Bride, (1994) confirma que los sedimentos se van formando por acumulación de materiales de origen detrítico, químico u orgánico, resultantes de la erosión de rocas, precipitación de elementos disueltos en el agua, acumulación de materia orgánica; depositándose al disminuir la energía del fluido que los transporta (agua o viento). Su composición depende de los materiales que lo originan por procesos de meteorización u otras influencias por el hombre, (Doménech, 1997).

En general, la composición química de un sedimento resulta de un componente orgánico (microorganismos, residuos, detritus) e inorgánico. Los inorgánicos son generados en la erosión de las rocas, en los materiales sueltos y

consolidados, además de compuestos generados por precipitación de sales disueltas, tales como sulfatos, carbonatos y sílice (Hakanson, y Jansson, 1983).

Juregg *et al.*, (1982) asegura que los metales pesados en los sedimentos están asociados a las “arcillas” partículas de tamaño entre 2 - 0,45  $\mu\text{m}$ , con carga negativa que intercambian cationes y dada su gran área superficie/volumen, son altamente reactivas (Singh *et al.*, 1999).

Los metales ingresan a los sedimentos a través de procesos de precipitación, intercambio iónico, Fuenzalida, (1965), coprecipitación y adsorción. Ciertas formas de metales son resistentes al intercambio con el agua, manteniéndose estables por largos períodos de tiempo (entre éstos se destacan los provenientes de restos rocosos y de matriz arcillosa) (Golterman *et al.*, 1983).

En los sedimentos puede haber remobilización de especies hacia la columna de agua, porque los procesos químicos están fuertemente determinados por la degradación de materia orgánica que origina una secuencia de reacciones de óxido-reducción. Esta secuencia redox se origina al reaccionar la materia orgánica (en exceso) con el oxígeno, nitratos, sulfatos y bicarbonatos (proceso que remueve el oxígeno disuelto) dando lugar a la formación de especies reducidas, anhídrido carbónico, amonio, sulfuros y metano (Klohn, 1972).

Dichos productos provocan cambios en la química de los sedimentos reduciendo los metales oxidados, así a la forma soluble se movilizan a la columna de agua (Castro *et al.*, 1982). Ejemplos típicos son las transformaciones que experimentan las especies oxidadas de hierro y manganeso, que en ambientes sedimentarios son reducidos y transformados en especies solubles e ingresan a la solución, (González, 1991).

Alonso, (1983) establece que los análisis de metales pesados en sedimentos nos permiten detectar la contaminación que puede escapar al análisis de las aguas y también proporciona información de las zonas críticas del sistema acuático (Moalla *et al.*, 1998).

## **2.7. ARSÉNICO (As)**

Marín, (1995) señala que el arsénico es un metal integrante de minerales metálicos y sulfuros de otros metales, como el Cu, Co, Pb y Zn, entre otros. Numerosos compuestos de arsénico son solubles en agua, especialmente en forma de  $As^{+3}$  y  $As^{+5}$  y complejos orgánicos (Adriano, 1986).

En las aguas superficiales predomina la reacción de arsénico a arseniato, mientras que en las zonas reductoras ocurre el proceso inverso. La eliminación natural de As de las aguas, generalmente, se produce por absorción sobre óxidos de Fe y Al y partículas arcillosas, así, como también puede precipitar como arseniato de hierro (III) ( $FeAsO_4$ ). En ambientes anóxicos y en presencia de iones  $S^{-2}$ , el arsenito se puede transformar a sulfuro de Arsenio (III), el cual precipita en los sedimentos (Doménech, 1995).

Alonso, (2014), confirma que la mineralización natural y las actividades microbianas aumentan la movilización de arsénico en el medio ambiente. El arsénico que se deposita en el agua y suelo se puede transmitir al ser humano a través del consumo de peces, mariscos, carne y vegetales. La concentración en el medio natural es muy baja, por mayor parte procede de las actividades industriales (ELIKA, 2013).

Aunque la mineralización natural y las actividades microbianas aumentan la movilización de As en el medio ambiente, es la intervención humana la que ha ocasionado la contaminación de As en el suelo y en las principales fuentes de abastecimiento de agua, causando graves problemas ambientales y de salud debido a sus efectos tóxicos en una variedad de organismos, incluyendo los seres humanos (Alonso, 2014).

### **2.7.1. ARSÉNICO EN AGUA**

Litter *et al.*, (2009) asegura que la presencia de los altos niveles de arsénico en el agua es una preocupación ambiental, que limita el uso del recurso de agua potable y otros propósitos, que impide el crecimiento socioeconómico en la sostenibilidad de uso del suelo y el desarrollo sostenible de la agricultura. Por

los cual se necesita datos de la compresión de la distribución geográfica y de la génesis geológica del As en acuíferos, sedimentos, suelos y su absorción por las plantas.

El arsénico se puede encontrar de dos formas, en compuestos orgánicos e inorgánicos, estos últimos tiene mayor capacidad de solubilizarse en el agua (Sarria, 2013), ya que el comportamiento ambiental del arsénico está condicionado por las condiciones redox y el pH del medio hídrico, el arsénico está mayoritariamente disuelto en forma de especies con As (V), siendo la especie predominante ( $\text{HAsO}_4$ ) para  $\text{pH} < 6,9$  y ( $\text{HAsO}_4^{2-}$ ) para pH más elevado (Fernández, *et al.*, 2005).

### **2.7.2. ARSÉNICO EN SEDIMENTO**

Litter *et al.*, (2009) menciona que el estado de oxidación del arsénico es importante porque afecta a su movilidad, persistencia y toxicidad. De todas formas, tanto arseniatos como arsenitos pueden aparecer conjuntamente, debido a la relativa lentitud de las reacciones redox. Los arsenitos, en cambio, son diez veces más solubles y móviles, lo que los hace más tóxicos que los arseniatos (Larios, *et al.*, 2011). El arsénico es uno de los elementos más tóxicos encontrados en la naturaleza y ha sido identificada como un problema mundial por las explotaciones de las aguas subterráneas, ocurre naturalmente por el contacto del agua con sedimentos o suelos que contienen arsénico cuyas concentraciones varían entre 300 a 500 mg/kg. (Murgueitio, *et al.* 2015).

El arsénico en el cono sur se encuentra mayormente el ( $\text{As}^{+5}$ ) y tienen metales como de no metales, por lo que se considera un metaloide (Isla, 2013). Así, variaciones de pH, salinidad y de las propiedades redox de las corrientes de agua pueden provocar movilización y resuspensión de especies químicas acumuladas en los sedimentos, magnificando incluso su efecto tóxico, tal como es el caso de los metales pesados (Herrera, *et al.*, 2012).

### **2.7.3. EFECTOS DEL ARSÉNICO A LA SALUD**

El arsénico es uno de los elementos más tóxicos, que pueden ser encontrados, ya que el arsénico inorgánico está expuesto a los humanos en la comida, agua y aire, Agencia para Sustancias Tóxicas y el Riesgo de Enfermedades (ATSDR, 2013). La ingestión de pequeñas cantidades de arsénico puede causar efectos crónicos, cuando se inhala arsénico el sistema sanguíneo absorbe las partículas de arsénico, (Castillo y Venegas 2010).

Alonso, (2014), considera que debido a sus efectos tóxicos, el As es una de las 10 sustancias químicas considerada más preocupante para la salud pública, basándose en pruebas científicas existentes, los efectos más característicos de este tipo de enfermedad son manifestaciones traídas a la piel, en algunos países en donde se presenta este tipo de problemas por consumo de agua se la conoce como enfermedad del pie negro (Murgueitio, *et al.* 2015).

### **2.8. CUENCA**

Es el espacio de territorio delimitado por la línea divisoria de las aguas, conformado por un sistema hídrico que conducen sus aguas a un río principal, a un río muy grande, a un lago o a un mar (Huaranga, *et al.*, 2012). Este es un ámbito tridimensional que integra las interacciones entre la cobertura sobre el terreno, las profundidades del suelo y el entorno de la línea divisoria de las aguas (Rodríguez, 2005).

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 y Soares, 2003).

### **2.8.1 SUB-CUENCA**

Los afluentes son los ríos secundarios que desaguan en el río principal. Cada afluente tiene su respectiva cuenca, denominada sub-cuenca. Una sub-cuenca es toda área en la que su drenaje va a directamente al río principal de la cuenca. También se puede definir como una subdivisión de la cuenca. Es decir que en una cuenca puede haber varias sub-cuencas, (Umaña, 2002).

### **2.9. RÍO CARRIZAL**

El río Carrizal es la principal cuenca hidrográfica del Cantón Bolívar, cuyo territorio tiene una extensión de 552 km<sup>2</sup>. En el Cantón Bolívar, se extiende una plataforma levemente ondulada, que varía entre los 20 msnm y los 10 msnm, atravesada por una red hidrográfica con vertientes provenientes de la cordillera, cuyo principal río es el Carrizal, que pasa por el límite oriental de Calceta, a la que ingresa desde el sur y se desvía en dirección al oriente. Dos afluentes del Carrizal, llegan a éste, en el área de Calceta, desde el sur occidente. Son el río Mosca y el estero de Mocochoal (Avilés, 2002).

### **2.10. ESTACIONES DE MUESTREO**

Las estaciones de muestreo en el presente estudio, son lugares o puntos que tienen agua y que están de alguna manera influenciados por diversos factores, especialmente antrópicos. En este contexto, la selección de los puntos de muestreo está en función de la localización de áreas socio-productivas, fuentes potenciales de contaminación (localizada y no localizada). Se considera como fuentes localizadas de contaminación las descargas directas de aguas residuales a los cuerpos de agua, sean estos de origen domiciliar o industrial (Basterrechea, *et al*, 1987).

#### **2.10.1. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (S.I.G.)**

Un SIG es un sistema informatizado de propósito general, para el manejo de (captación, almacenamiento, consulta, análisis y representación) de la información localizada geográficamente, (Rhind, 1981). Definiciones basadas

en sus aplicaciones y objetivos: “Sistema de información asistido por computador para la captura, y presentación de la información espacial dentro de una organización, con función de servir de soporte racionalizados a la toma de decisiones” y la mejor definición de un SIG, es la de un sistema que utiliza una base de datos espacial para proporcionar respuestas a consultas de naturaleza geográfica. El SIG, genérico puede entenderse como un número de rutinas espaciales específicas, construidas sobre un sistema de gestión de bancos de datos relacional.” (Goodchild, 1985).

### **2.10.2. MUESTREO DE AGUAS SUPERFICIALES**

De acuerdo con (Martínez, y Gasquez, 2005), en el caso del arsénico se recomienda la utilización de vidrio Pyrex, para mayor recomendación el material debe ser opaco para evitar la oxidación de  $As^{3+}$ , Litter, *et al.* (2009), las muestras se tomaran en el centro del caudal sumergiendo los tubos a unos 0,50 m, los tubos deben estar totalmente esterilizados, deben ser almacenados a una temperatura de 4 °C evitando congelamiento las cuales pueden estar almacenada hasta seis meses (Murgueitio, *et al.* 2015).

### **2.10.3. MUESTREO DE SEDIMENTOS**

Para Murgueitio, *et al.* (2015), El muestreo en sedimentos se utiliza un barreno tipo tornillo manual de 1,5 m de lago o una draga, con el cual se extrae 0,50 a 20 g de sedimento y se lo coloca en caja Petri de 10 cm o en fundas plásticas (Isla, 2013), en el cual se extrae sedimento a los 10 cm a partir de las orillas, el cual se almacena en contenedores de polietileno y se transporta a los laboratorios respectivos (Litter, *et al.* 2009).

## **2.11. ANÁLISIS DE ARSÉNICO**

Litter, *et al.* (2009) indica que para la cuantificación de arsénico en aguas y en extractos de sedimentos se debe utilizara el sistema Generador de Hidruros, Perkin Elmer, acoplado a un espectrómetro de absorción, Perkin Elmer, AA 200 (GH-AA 200) equipado con una lámpara de descarga de electrones a 197,3 mm de longitud de onda (Murgueitio *et al.*, 2015).

Los métodos de determinación de As han tenido cambios importantes desde el desarrollo del método clásico de Gutzeit y los posteriores, fotométricos con azul de molibdeno y espectrofotométrico con dietilditiocarbamato de plata hasta los instrumentales modernos (Quevedo, *et al.*, 2004). En el presente trabajo se muestra un resumen de las distintas técnicas empleadas poniendo especial énfasis en la determinación de arsénico por espectroscopias atómicas y empleando metodologías de pre-concentración o especiación (Martínez y Gasquez, 2005).

### **2.11.1. MÉTODO GUTZEIT**

El método de Gutzeit fue desarrollado hace más de 100 años y se puede decir que es el método clásico para la determinación de arsénico. En este método y algunas variantes se transforma el arsénico presente en el agua en arsina ( $\text{AsH}_3$ ) con la ayuda de un agente reductor. La concentración se calcula con el empleo de una calibración empleando estándares de concentración conocida. Las interferencias son producidas por elementos que también forman hidruros (Martínez, y Gasquez, 2005).

### **2.11.2. MÉTODO DIETILDITIOCARBONATO DE PLATA**

El arsénico inorgánico se reduce a arsina, utilizando zinc en solución ácida como reductor. La arsina es absorbida por una solución de dietilditiocarbamato de plata en piridina. La sal de plata reacciona con la arsina y se produce un complejo rojo con absorción máxima a 535 nm, que se puede emplear para la determinación espectrofotométrica de arsénico. Este método es aplicable a la determinación de arsénico en muestras de agua potable, superficial, subterránea y residual (Herrera, *et al.*, 2012).

### **2.11.3. MÉTODO AZUL DE MOLIBDENO**

Es un método espectrofotométrico basado en la formación del complejo arsénico-molibdico de color azul, entre el arseniato y el molibdato de amonio en presencia de sulfato de hidracina (reductor). Interfieren fosfatos y silicatos que forman complejos similares con el reactivo y deben ser separados. Es el

método espectrofotométrico oficial de la AOAC (Asociación Oficial de Químicos Analíticos) para la determinación de arsénico en plantas, alimentos y aguas (Martínez, y Gasquez, 2005).

#### **2.11.4. DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO POR ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA DE LLAMA POR GENERACIÓN DE HIDRUIROS.**

Para la determinación de arsénico se utiliza la técnica de Espectrometría de Absorción Atómica de Llama (FLAAS), es una técnica sencilla, conocida desde hace 21 años y claramente "arsenoselectiva", sin embargo, los límites de detección con esta técnica no son lo suficientemente bajos como para llevar a cabo la determinación de arsénico en la mayoría de las muestras reales (Quevedo, *et al.*, 2004).

El acoplamiento de un generador de hidruros al espectrómetro de absorción atómica (GH-AAS) aporta la sensibilidad requerida. La técnica de Generación de Hidruro, basada en la reacción de Marsh y Gutzeit en la cual se emplea zinc como reductor, se conoce bien desde hace bastantes años (Burguera *et al.*, 1991).

La técnica de GH-AAS consta de tres etapas fundamentales: la generación y volatilización del hidruro, la transferencia del mismo y su posterior atomización en el espectrómetro de Absorción Atómica. Entre los sistemas de generación de hidruros, los que combinan las ventajas de la inyección en flujo, con la posterior detección por espectrometría por absorción atómica, es de los más usadas en la determinación total de arsénico, porque es sensible, rápido y minimiza los efectos de las interferencias, si se lo compara con los métodos tradicionales (Jiménez de Blas *et al.*, 1996), además resulta ser más cómodo de usar y apropiado para el análisis (Anderson *et al.*, 1986).

La presencia en el medio ambiente esté sujeta a un control estricto por parte de las instituciones relacionadas con el medio ambiente y la salud pública. Con el objetivo de mantener un control estricto de los niveles de arsénico en el medio

ambiente, debido a su elevada toxicidad, muchos investigadores se han dado a la tarea de desarrollar métodos analíticos de gran sensibilidad y selectividad mediante el uso de técnicas atómicas de detección acopladas a la generación de hidruros (GH).2-6 La Espectrometría de Absorción Atómica (EAA) constituye la técnica más popular para el análisis de este elemento en muestras ambientales debido a su sensibilidad, selectividad y relativo bajo costo de operación (Quevedo, *et al.*, 2004).

## **2.12. NORMAS**

La Ley de Gestión Ambiental, que se encuentra en el libro VI del TULSMA, establece los procedimientos para regular actividades y responsabilidades públicas y privadas en materia de calidad ambiental, entendiendo 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). La Legislación canadiense para sedimento (Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic life), establece los procedimientos para regular las actividades y responsabilidades según la Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME. 2015).

## **CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO**

### **3.1. UBICACIÓN**

La investigación se realizó en el río Carrizal, tramo ubicado entre 0° 53'09" Sur, 80° 04'48" Oeste, del sitio La Esperanza del cantón Bolívar con una elevación de 30 m, hasta el sitio El Limón con ubicación 0° 49'30" Sur, 80° 11' 46" Oeste, con una elevación de 19.50 m. La hidrología del lugar las conforma el río desde la presa Sixto Durán, esteros que tributan al río principal del Carrizal.

### **3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO**

La presente investigación tuvo un tiempo de duración de 9 meses a partir del mes de octubre del 2016 hasta el mes de junio del 2017.

### **3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Esta investigación fue de tipo cuantitativa no experimental

### **3.4. VARIABLES EN ESTUDIO**

#### **3.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Concentración de arsénico total

#### **3.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE**

Niveles de contaminación en agua y sedimento

### **3.5. PROCEDIMIENTOS**

Para el desarrollo de la presente investigación, se establecieron 3 fases y cada fase con sus respectivas actividades a realizarse, las cuales se detallan a continuación.

### **3.5.1. FASE 1: DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.**

#### **ACTIVIDAD 1.1: ESTABLECIMIENTO DE LOS PUNTOS DE MUESTREO DE LA ZONA DETERMINADA.**

Conforme al reconocimiento del área de estudio se estableció nueve 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” (2016), 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 pobladas y de contaminación de la sub-cuenca del río Carrizal.

#### **ACTIVIDAD 1.2: GEORREFERENCIACIÓN DEL ÁREA DE MUESTREO**

Una vez establecidos los puntos de muestreo se efectuó 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 (Imagen satelital, mapa hidrológico, mapa de división política y mapa de los límites de la sub-cuenca que tributan al embalse la esperanza) del área a muestrearse y de los puntos de muestreo a establecerse, para así obtener con mayor claridad la ubicación específica de cada una de las estaciones, en las que se detecten presencia de arsénico, (Andrade, y Ponce, 2016).

### **3.5.2. FASE 2: DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO TOTAL EN AGUA Y SEDIMENTO DEL RÍO CARRIZAL.**

#### **ACTIVIDAD 3.1: TOMA DE MUESTRA EN AGUA Y SEDIMENTO**

##### **MUESTREO DE ARSÉNICO EN AGUA.**

De acuerdo a las metodologías de Murgueitio, *et al.*, 2015 y Litter, *et al.*, 2009, para la toma de las muestra de agua se utilizó tubos de vidrio Pyrex, opaco para evitar la oxidación de As (III) en presencia de hierro. Además, se descontaminó de los frascos a ser empleados en la recolección de las muestras de agua, se recomienda llenar el frasco con ácido nítrico 10% v/v dejándolo en inmersión por lo menos durante 24 horas.

Litter, *et al.*, (2009) hace las siguientes recomendaciones, independientemente del objetivo del plan de muestreo:

- ✓ Las muestras no debe incluir partículas grandes, desechos, hojas u otro tipo de material accidental, salvo cuando se trate de muestras de sedimentos; además, deben ser filtradas en algunos casos, como en el análisis de metales disueltos.
- ✓ Para minimizar la contaminación de la muestra, conviene recogerla con la boca del tubo de recolección contra la corriente.
- ✓ Se recomienda tomar un volumen suficiente de muestra para eventuales necesidades de repeticiones.
- ✓ Se recomienda la realización de todas las determinaciones de campo, tales como pH y conductividad, en alícuotas de muestras separadas de las que serán enviadas al laboratorio, evitando así el riesgo de contaminación.
- ✓ Se deben limpiar conscientemente los frascos y demás materiales de recolección. Es importante recordar que en gran parte de los casos la contaminación de los frascos no es visible ni siquiera al microscopio.
- ✓ La parte interna de los frascos no debe ser tocada con la mano ni quedar expuesta al polvo, humo u otras impurezas.

- ✓ Las personas que recolectaran deben mantener las manos limpias y usar guantes.
- ✓ Los frascos deben ser llenados completamente e, inmediatamente después de la recolección, las muestras deben ser mantenidas fuera del alcance de la luz solar.
- ✓ Las muestras que exijan refrigeración para su preservación deben ser acondicionadas en cajas de poliestireno con hielo inmediatamente después de la recolección. No debe añadirse sal al hielo para evitar una posible contaminación de las muestras.
- ✓ Se debe mantener un registro de todas las informaciones de campo, llenando una ficha de recolección por muestra o conjunto de muestras de la misma característica.
- ✓ El muestreo en pequeños cursos de agua debe hacerse aguas arriba y aguas debajo de las fuentes de contaminación, con la inclusión opcional de puntos adicionales para evaluar el grado de contaminación o asimilación de carga orgánica a lo largo del tramo en estudio, (Litter, *et al*, 2009).

#### **MUESTREO DE ARSÉNICO EN SEDIMENTOS.**

(Alonso, 2014) Las muestras de sedimentos activos fueron colectadas mediante un barreno de hierro inoxidable en los primeros 10 cm del fondo del río y tomando en consideración las orillas del río y fueron almacenadas en cajas petrix y transportadas al laboratorio para su respectiva preparación (Murgueitio, *et al.* 2015).

#### **PREPARACIÓN DE LAS MUESTRA EN SEDIMENTOS.**

Murgueitio, *et al.* (2015), confirma que para determinar la concentración de arsénico total en los sedimentos, se utilizó el método de mineralización en seco. Para lo cual cada muestra de sedimento fueron secados en una estufa durante 12 horas a una temperatura de 60 °C. Los sedimentos secos fueron disgregados utilizando un mortero y pistilo y luego fueron cernidos con un tamiz de 0,2 mm. Las muestras tamizadas de (0,25 g) fueron atacadas con una solución de 1,0M de Mg (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, 1,0M HCl y 1,0M KI, añadidos en proporción volumétrica de 1:5:5,

respectivamente. Las soluciones fueron calentadas en la estufa durante 6 horas a 450 °C.

### **ACTIVIDAD 3.2: DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE ARSÉNICO EN AGUA Y SEDIMENTO**

Para la determinación de arsénico en aguas y sedimentos se utilizó el método de espectrometría de absorción atómica de llama por generación continua de hidruros (Murgueitio, *et al*, 2015). Posteriormente las soluciones acidificadas fueron aforadas con agua desmineralizada hasta 25 ml y analizadas con el sistema HG-AAS (Litter, *et al*, 2009).

### **3.5.3. FASE 3: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS MEDIANTE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL ECUATORIANA VIGENTE Y LA LEGISLACIÓN INTERNACIONAL CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT**

Los resultados obtenidos en agua superficiales fueron comparados con los límites máximos permisibles establecidos en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA), libro VI anexos 1, 3 y 4 del Ministerio del Ambiente, según Decreto Ejecutivo 3516, publicado en el Registro Oficial N° 361, del Acuerdo Ministerial 061, del 4 de mayo del 2015. Mientras que los resultados obtenidos en sedimentos fueron comparados con los límites máximos permisibles establecidos en la Normativa Internacional Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic life (Canadian Environment Quality Guidelines, 2015).

# CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 4.1. RESULTADOS

### 4.1.1. DELIMITACIÓN LA ZONA 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

ESTACIONES	COORDENADAS	
	X	Y
E1: LA ESPERANZA	602324	9901991
E2: QUIROGA	600978	9902075
E3: BARRAMCO COLORADO	598961	9903302
E4: SARAMPION	596101	9903420
E5: MATA PALO	594588	9904209
E6: LOS ALMENDROS	594467	9905962
E7: SAN BARTOLO	593187	9905913
E8: LA CARINA	593176	9907087
E9: LIMON	591243	9908517

Fuente: (Montesdeoca y Zamora)

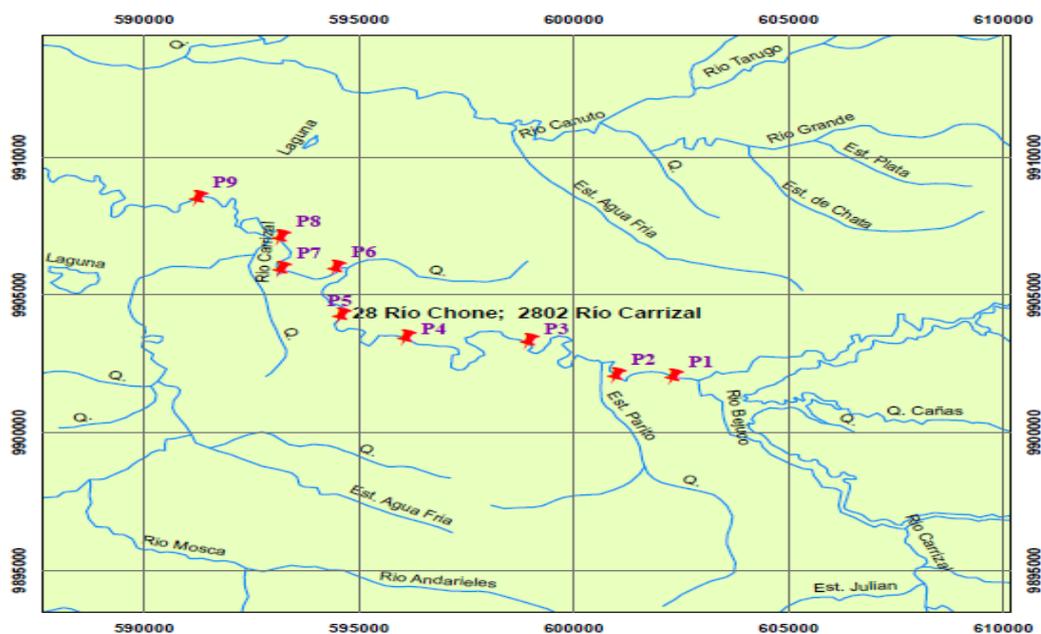


Figura 4.1. Estaciones de muestreo de la sub-cuenca del Carrizal

Se establecieron nueve estaciones de muestreo acorde a lo que establece el “Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos” del Perú, que fueron denominadas de acuerdo a las comunidades donde se encuentran ubicadas.

La Esperanza fue la primera estación, específicamente en la parte baja del embalse donde ciertos moradores del sitio la utilizan para actividad agrícola como cultivos de maíz y arroz. La segunda estación fue en la parroquia Quiroga, donde se encuentra actividades de agropecuarias. La tercera estación se la estableció en el sitio de Barranco Colorado por su alto índice en la actividad agrícola y ganadera. La cuarta estación fue tomada en la comunidad de Sarampión por su alto índice de población y actividad agropecuaria. La quinta estación se la ubico en el sitio Mata Palo por su alta actividad ganadera. La sexta estación fue ubicada en el recinto los Almendros ya que en este sitio se realiza mucho la actividad agrícola. La séptima y la octava estación se las establecieron en la ciudad de Calceta, donde está el mayor índice demográfico urbano colocándolas en los barrios de San Bartolo y La Karina. La novena estación está situada en el sitio Limón a 10 metros de los tubos de descarga de agua de la bananera.

#### **4.1.2. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO TOTAL EN AGUA Y SEDIMENTO DEL RÍO CARRIZAL**

Las lecturas de las muestras (agua superficial y sedimentos) se realizaron con el espectrofotómetro de Absorción Atómica Perkin Elmer modelo AA200. Se realizaron las lecturas del agua des ionizada con una solución de NaOH al 1% + NaBH<sub>4</sub> al 3%, la curva de calibración se la realizó con tres estándar de 10, 25 y 50 (µg) con la solución estándar de Arsénico + HNO<sub>3</sub> enrazando a 25 ml añadiendo NaOH al 1% + NaBH<sub>4</sub> al 3% y luego se realizaron las lecturas de las muestra tomando 100 µg de cada muestra respectiva y añadiendo 10 ml de HCl al 2% añadiendo NaOH al 1% + NaBH<sub>4</sub> al 3%.

Los resultados obtenidos de los análisis realizados en las muestras de agua y sedimento fueron los siguientes.

**Tabla 4.0.2.** Niveles de Arsénico en agua del río Carrizal

As – PPM			
ESTACIONES	FEBRERO	MARZO	ABRIL
E1: LA ESPERANZA	8,987	ND	ND
E2: QUIROGA	6,420	ND	ND
E3: BARRAMCO COLORADO	9,862	ND	ND
E4: SARAMPION	4,562	ND	ND
E5: MATA PALO	10,005	ND	ND
E6: LOS ALMENDROS	6,123	ND	ND
E7: SAN BARTOLO	2,344	ND	ND
E8: LA KARINA	3,102	ND	ND
E9: EL LIMON	2,566	ND	ND

Fuente: (Montesdeoca y Zamora, 2017)

**Tabla 4.3.** Niveles de Arsénico en sedimento del río Carrizal

As – PPM			
ESTACIONES	FEBRERO	MARZO	ABRIL
E1: LA ESPERANZA	ND	ND	ND
E2: QUIROGA	ND	ND	ND
E3: BARRAMCO COLORADO	ND	ND	ND
E4: SARAMPION	ND	ND	ND
E5: MATA PALO	ND	ND	ND
E6: LOS ALMENDROS	ND	ND	ND
E7: SAN BARTOLO	ND	ND	ND
E8: LA KARINA	ND	ND	ND
E9: EL LIMON	ND	ND	ND

Fuente: (Montesdeoca y Zamora, 2017)

ND: Valores no detectables

Los resultados de arsénico en el río Carrizal detectados en las muestras correspondientes al mes de febrero el muestreo de las nueve estaciones fueron considerados en un valor de >9,000 ppm debido a que se encuentra encima de los límites permisibles, ya que en los meses de marzo y abril no se encontraron valores similares ya que fueron valores no detectables en el agua, y su curva de calibración en As donde  $r=0,75$ .

Los resultados de arsénico detectados en el sedimento del río Carrizal correspondiente a los tres meses de muestreo en las nueve estaciones fueron considerados en un valor de 0,000 ppm debido a que se encuentra bajo los límites permisibles de detección del equipo <0,001 ppm, realizándose los

análisis respectivos a los tres meses ya dichos, donde su curva de calibración en As donde  $r=0,75$ .

#### 4.1.3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS MEDIANTE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL ECUATORIANA VIGENTE Y LA LEGISLACIÓN INTERNACIONAL CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT

A continuación se presenta la comparación de los resultados obtenidos con límites máximos permisibles de las cuadros 1, 3 y 4 del anexo 1 del acuerdo ministerial N° 061 para las aguas superficiales y para los sedimentos se utilizara la Norma Internacional Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic life.

**Tabla 4.4.** Niveles de Arsénico determinados en agua y límites máximos permisibles

ESTACIONES	ARSÉNICO PPM					
	FEBRERO	MARZO	ABRIL	LMP T1	LMP T2	LMP T3
E1: LA ESPERANZA	8,987	ND	ND	0,1	0,05	0,1
E2: QUIROGA	6,420	ND	ND	0,1	0,05	0,1
E3: BARRAMCO COLORADO	9,862	ND	ND	0,1	0,05	0,1
E4: SARAMPION	4,562	ND	ND	0,1	0,05	0,1
E5: MATA PALO	10,005	ND	ND	0,1	0,05	0,1
E6: LOS ALMENDROS	6,123	ND	ND	0,1	0,05	0,1
E7: SAN BAROLO	2,344	ND	ND	0,1	0,05	0,1
E8: LA KARINA	3,102	ND	ND	0,1	0,05	0,1
E9: EL LIMON	2,566	ND	ND	0,1	0,05	0,1

Fuente: (Montesdeoca y Zamora, 2017)

**Tabla 4.5.** Niveles de Arsénico determinados en sedimentos y límites máximos permisibles

ESTACIONES	ARSÉNICO PPM			
	FEBRERO	MARZO	ABRIL	CCME
E1: LA ESPERANZA	ND	ND	ND	5.900
E2: QUIROGA	ND	ND	ND	5.900
E3: BARRAMCO COLORADO	ND	ND	ND	5.900
E4: SARAMPION	ND	ND	ND	5.900
E5: MATA PALO	ND	ND	ND	5.900
E6: LOS ALMENDROS	ND	ND	ND	5.900
E7: SAN BAROLO	ND	ND	ND	5.900
E8: LA KARINA	ND	ND	ND	5.900
E9: EL LIMON	ND	ND	ND	5.900

Fuente: (Montesdeoca y Zamora, 2017)

Los valores representados de As en agua, correspondientes al mes de febrero de muestreo de las nueve estaciones, exceden los límites permisibles de la legislación ambiental, a diferencia de los meses de marzo y abril de muestreo de las nueve estaciones, no exceden los límites máximos de la legislación ambiental (ver anexo 3), debido a que se reportaron valores detectables y no detectables en las muestras de agua. Los valores representados de As en sedimento, correspondientes a los tres meses de muestreo de las nueve estaciones, no exceden los límites máximos de la norma internacional Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic life.

## **4.2. DISCUSIÓN**

Una vez realizados los análisis de agua superficiales del presente trabajo, se la comparo con la normativa ambiental vigente en el Ecuador de las Tablas I, II y III, del “Libro VI. Anexo I. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso agua. (TULSMA 2015) con los resultados obtenidos podemos darnos cuenta que las concentraciones de Arsénico en agua superficial en el mes de Febrero, varían de 2,344 ppm a 10,005 ppm, por los que están por encima del límite permisible, y en las muestras de los meses de Marzo y Abril se obtuvieron valores no detectables. Lo cual refleja la gran problemática ambiental existente en la época seca en esta zona, debido que en la época húmeda influye el barrido del crecimiento del río y las precipitaciones excesivas del mes de marzo y abril. Se utilizó Normativa Internacional Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic life (Canadian Environment Quality Guidelines, 2015) en la que se establece las siguientes concentraciones permisibles para sedimentos: Arsénico 5,900 ppm. Los resultados obtenidos en sedimentos en las nueve estaciones de muestreo fueron valores no detectados, en los meses de Febrero, Marzo y Abril.

Concretando con el trabajo realizado por Huaranga, *et al.*, (2012) Contaminación por metales pesados en la Cuenca del río Moche, 1980 – 2010, La Libertad – Perú, los resultados obtenidos en las aguas superficiales van desde 0,001 ppm hasta 0,033 ppm dentro de las ochos estación establecidas, estando por encima de los rangos establecidos en la legislación peruana

Autoridad Nacional del Agua 2010. Mientras que para los sedimentos se hizo énfasis con los resultados validados en la investigación por Rodríguez, H. 2005, Contaminación de sedimento del río Anoia por metales pesados Barcelona – España, que van de 28,4 ppm a 34,0 los cuales están situados por dentro de los límites de As dispuesto en la legislación española. Mientras que en el presente trabajo de investigación la realidad y campo de acción es completamente diferente, debido a que se tratan de aguas naturales en zonas montañosas y en el casco urbano del río Carrizal 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, pues considerando que en el río Carrizal 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.

# **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **5.1. CONCLUSIONES**

- ✓ En la determinación de la zona de estudio se establecieron nueve estaciones de muestreo de acuerdo a la aplicación del “Protocolo de Monitoreo de la Calidad de Recursos Hídricos”.
- ✓ Las actividades antropogénicas cerca del río Carrizal afectan a la calidad del agua, como se evidencia en los resultados del mes de febrero que varía de 2,344 ppm a 10,005 ppm, los mismos que exceden los límites permisibles, y que en los meses de marzo y abril, por motivo de las precipitaciones, no han afectado las aguas superficiales y en el sedimento cuya concentración es <0,000 ppm en los meses antes mencionados.
- ✓ De acuerdo a la legislación ambiental vigente los niveles de arsénico en el agua del río Carrizal obtenidos, durante el mes de febrero se encuentran por encima de los límites permisibles establecidos el Anexo I del TULSMA (Acuerdo Ministerial 061), presentando contaminación en este recurso hídrico.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- ✓ Deben realizarse otras investigaciones en zonas que no fueron consideradas en estudio, con la finalidad de incluir a todos los riachuelos y ríos que conectan con el río del Carrizal.
- ✓ La delimitación en futuros estudios debe establecerse, cerca de las fuentes de descarga de aguas doméstica y de actividades agrícolas, que se efectúan adyacentes al río Carrizal.
- ✓ Es importante llevar a efectos estudios en el embalse la Esperanza, ya que existe mayor bioacumulación en las redes tróficas existentes, especialmente del arsénico y mercurio, considerando todos los cauces.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- ADECAGUA (Asociación para la defensa de la calidad de las aguas).Es.2012. Legislación. . En Línea. Consultado 27 de may, 2016. Formato HTML.
- Adriano, D. 1986. Trace elements in the terrestrial environment. Pringar Verlag. New York, pp 533.
- Alonso, D. 2014. Determinación de arsénico total y biodisponible en la zona sur-occidental del distrito minero de oro California-Vetas en el Departamento de Santander, Colombia. (En línea). Consultado 24 de may, 2017. Formato PDF.
- Alonso, H. 1983. Proposición de nuevo criterio propuesto para calificar aptitud de uso en riego para aguas del norte de Chile. III Simposio sobre Contaminación Ambiental, orientada al recurso agua. Estación Experimental La Platina, INIA, Santiago, octubre 1983. INIA-Intendencia Región Metropolitana. Tomo I: 10-14.
- 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 may, 2016. Formato PDF.
- Álvarez, V. 2006. Gestión de riesgos en salud ocupacionadas por agroquímicos en proyectos agrícolas en los municipios de toca y bonito oriental, en el departamento de colon, honduras. (En línea). Consultado 15 de ago. 2017. Formato PDF.
- Avilés, M. 2002. Historia de Manabí. Portoviejo, EC. (En línea). Consultado el 22 de ago. 2017. Formato PDF.
- ANA (Autoridad Nacional del Agua) 2016. Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. (En línea). Consultado el 23 de jun. 2017. Formato PDF.

- Anderson, K.; Thompson M.; Culbard, E. 1986. Selective Reduction of Arsenic
- ATSDR, 2013. (Agencia para Sustancias Toxicas y el Registro de Enfermedades). (En línea). Consultado el 07 de jul. 2016. Formato PDF.
- Barahona y Tapia, 2010. Calidad y tratabilidad de aguas provenientes de ríos de llanura y embalses eutrofizados. (En Línea). EC. Consultado 27 de may, 2016. Formato PDF.
- Basterrechea, M; Molina, M; Molina, S; Beltrán, E. 1987. Causas de la contaminación de siete tributarios dela sub-cuenca del Lago Amatitlán. In Simposium estudios recientes sobre la contaminación del Lago Amatitlán (1987, Guatemala). Guatemala. IGA-CATIE. p. 123-148.
- Bouaid, A., 2001. Nuevos métodos de tratamiento de muestra para la pre concentración, estabilización y determinación de pesticidas por cromatografía de gases. (En línea). Consultado 15 de ago. 2017. Formato PDF.
- Boy, A. 2015. Determinación de metales pesados en Agua, Peces, Almejas E *Hydrilla verticillata* del lago Izabal. En Línea. Consultado 27 de may 2017. Formato PDF.
- Burguera, M.; Burguera, K.; Brunetto, R. 1991. Flow-injection Atomic Spectrometric Determination of Inorganic Arsenic (III) and Arsenic (V) Species by use of an Aluminium-Column Arsine Generator and ColdTrapping Arsine Collection :105-128.
- Castillo, H.; y Venegas, G. 2010. Impacto y consecuencia del Arsénico en la salud y el medio ambiente en el norte de Chile. (En línea). Consultado el 7 de jul. 2016. Formato PDF.
- Castro, R., Jorquera, L. Moya, J. 1982. Monografía de la cuenca del río Claro. Maule UC. Revista de la Universidad Católica de Chile sede del Maule N°8: 63-68.

- Concha, L. 2014. La química del agua. (En Línea). Consultado el 23 de jun. 2017. Formato PDF.
- Dekov, M.; Komy, Z.; Araujo, F.; Van Put, A., Van Grieten, R. 1997. Chemical composition of sediments, suspended matter, river water and ground water of the Nile (Aswan-Sohag traverse). *The Science of the total environment* 201, 195-210.
- Domenech, X 1995. Química de hidrosfera. Origen y destino de los contaminantes. Ed. Miraguano, Madrid, pp 174.
- Doménech, X. 1997. El impacto de los contaminantes. En Miraguano (Eds). Química del sedimento, 190 pp.
- ELIKA, 2013. Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria. En línea. Formato PDF. Consultado 05 de jun, 2017.
- Escobar, J. 2002. La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. (En línea). Consultado el 27 de jul. 2017. Formato PDF.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2011. El agua. En Línea. Consultado 12 de julio de 2016. Formato html.
- Faustino, J. 1986. Criterios para la clasificación de los problemas y soluciones en la conservación de suelos y aguas. Turrialba, CR. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), 1986. 60 p. (En línea). Consultado el 11 de jul. 2016.
- Fernández, J.; Galindo, G.; Parada, M.; Gimeno, D.; García, M.; Saavedra, J. 2005. Estado actual del conocimiento sobre el arsénico en el agua de Argentina y Chile: Origen, movilidad, tratamiento. (En línea). Consultado 07 de ago. 2017. Formato PDF.

- Fernández, L., 2013. Diseño de un modelo de soporte a la decisión de asignación de ubicaciones de mercadería en una bodega de agroquímicos. (En línea). Consultado 15 de ago. 2017. Formato PDF.
- Förstner, U. 1993. Metal speciation General concepts and applications. En: Gómez S, 2002, "Estudio de Vulnerabilidad en Sequía en la Subcuenta Aguas Calientes", Tesis Msc, Turrialba Costa Rica, 140 P.
- Förstner, U.; y Wittmann, W. (1981). Heavy metal pollution in the aquatic environment (2nd Ed). Springer-Verlag. Berlin. Heidelberg New York pp 486.
- Fuenzalida, H. 1965. Hidrografía. Capítulo V, Pág. 153-199. En Geografía Económica de Chile. Corporación de Fomento de la Producción. Texto refundido, 885 pp.
- Golterman, H.; Sly, P. & Thomas, R. 1983. Study of the relationship between water quality and sediment transport. UNESCO, Francia, Pp 1-123.
- González, S. 1991. Upper critical level of copper to alfalfa, in ten Chilean soils. *WaterAir and SoilPollution* 57-58: 201-208.
- Goodchild, F. 1985. "Geographic Information Systems in Undergraduate Geography: A Contemporary Dilemma", *The Operational Geographer*, Vol. 8, pp. 34-38.
- Hakanson, L.; Jansson, M. 1983. Principles of Lake Sedimentology. Springer-Verlag, Germany, 314 pp.
- Herrera, J.; Rodríguez, J.; Coto, J.; Salgado, V. Borbón, H. 2012. Evaluación de metales pesados en los sedimentos superficiales del río Pirro. (En línea). Consultado 07 de ago. 2017. Formato PDF
- Huaranga, F.; Méndez, E.; Quilcat, V.; Huaranga, F. 2012. Contaminación por metales pesados en la Cuenca del Río Moche, 1980 – 2010, La Libertad – Perú. (En línea). Consultado 12 de ago. 2017. Formato PDF.

- Isla, M. 2013. Propuesta para la disposición final de los sedimentos del lago del parque recreativo Alameda Oriental, México D.F., con bases en sus propiedades físicas, geoquímicas y la normatividad existente en materia. (En línea). Consultado 07 de ago. 2017. Formato PDF.
- Izquierdo, M. 2010. Eliminación de metales pesados en aguas mediante bioadsorción. Evaluación de materiales y modelación del proceso. (En línea). Formato HTML. Consultado 18 de may, 2016.
- Jiménez de Blas O, Rodriguez, N; García, A.; *Jornal of AOAC Inernational*, 1996. Determination of Total Arsenic and Selenium in Soils and Plants by Atomic Absorption Spectrometry with Hydride Generation and Flow Injection Analysis Coupled Techniques. Vol. 79, Nº.3: 764-768.
- Jiménez, D. 2012. Cuantificación de metales pesados en agua superficial, sedimentos y organismos ostión de manglar en el puente Portete del estero salado. (En línea). Consultado 05 de jun, 2017. Formato PDF.
- Juregg, M.; Bauman, I.; Pdavidic, V. 1982. Are sediments the ultimate depository of Hydrocarbon pollution. *Ves 5 EtudPollet Mar Mediterrance CIESM, Cannes* Pp 83-87.
- Klohn, W. 1972. Hidrografía de las zonas desérticas de Chile. Ed. J. Buró. Proyecto CHI-35. Investigaciones de los Recursos Hidráulicos en el Norte Grande. PNUD.
- Larios, R.; Fernández, R.; Rucandio, M. 2011. Movilidad y disponibilidad de arsénico en sedimentos mediante la aplicación del método de extracciones secuenciales BCR. (En línea). Consultado 07 de ago. 2017. Formato PDF.
- Litter, I. at. 2009. Metodologías analíticas para la determinación y especiación de arsénico en aguas y suelos. (En línea). Consultado el 7 de jun. 2016. Formato PDF.

- MAE (Ministerio del Ambiente Ecuatoriano). 2015. Reforma del libro VI del texto unificado de legislación secundaria. (En línea). EC. Consultado 20 jul. 2016. Formato PDF.
- 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, 18 de may. 2016. Formato PDF.
- Marin, R. (1995) Química, Microbiología, Tratamiento y Control Analítico de Aguas. Ed. Nanuk, S.L. pp 246
- Martínez, L.; Gasquez, J. 2005. Determinación en aguas: Diferencias técnicas y metodologías. (En línea). Consultado el 06 de ago. 2017. Formato PDF.
- Mc. Bride, M. 1994. Environmental Chemistry of soils. Oxford University Press New York, USA, 406 pp.
- 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.
- Murgueito, E.; Cumbal, L.; Aguirre, V.; Chávez, C. 2015. Desarrollo de una tecnología para la recuperación de las aguas de la laguna Papallacta contaminadas con arsénico y metales pesados usando materiales sorbentes emergentes. Consultado el 05 de Jun, 2016. Formato PDF.
- Murray, K. 1996. Statistical comparisons of heavy metal concentrations in River sediments. *Environment Geology* 27, 54-58.
- Ongley, D. 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Roma, Italia. Estudio FAO Riego y Drenaje 55, 1997. 116 p.
- Quevedo, O.; Villanueva, M.; Luna, B.; Garrido, M.; Rodríguez, A. 2004. Optimización de un método para la determinación de arsénico en sedimento

mediante generación de hidruros por inyección de flujo. (En línea). Consultado el 07 de ago. 2017. Formato PDF.

Radulovich, R. 1997. Sostenibilidad en el uso del agua en América Latina. Revista Forestal Centroamericana no. 18:13-17.

Reyes, Y.; Vergara, I.; Torres, O.; Díaz, M.; González, E. 2016. Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente, y seguridad alimentaria. (En línea). Consultado 12 de ago. 2017. Formato PDF

Rhind, D. 1981. "Geographical information systems in Britain", Quantitative Geography, Routledge&Kegan Paul, London, pp. 419

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, H. 2005. Contaminación de sedimentos del Río Anoia por metales pesados Barcelona – España. (En línea). Consultado el 12 de ago. 2017. Formato PDF.

Romero, J. 1996. Contaminantes del agua. Acuaquímica. Escuela colombiana de Ingeniería. Bogotá\_ Colombia.

Sarria, M. 2013. Evaluación del comportamiento de arsénico, cobre, plomo y zinc en suelos afectados por el vertido de la mina de Aznalcollar (Sevilla, España). (En línea). Consultado 07 de ago. 2017. Formato PDF.

Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES). 2013. Plan Nacional del Buen Vivir 2013—2017. Objetivo Nacionales de Desarrollo. (En línea). Formato HTML. Consultado 25 de may, 2016. Disponible en <http://www.buenvivir.gob.ec/37>

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

Singh, K.; Hasnain, D.; Baaerjee, K. 1999. Grain size and geochemical partitioning of heavy metals in sediments of the DomadorRier a tributary of the cower Ganga, India. *EnviromentalGeology* 39(1):96-98.

Species by Continuous HydrireGeneration. Part II. \*Validation of Methods for Application to Natural Waters. *Analyst*.Vol 111: pag. 1152-1158.

Texto Unificado de La Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA). 2015. Libro VI, Anexo I Recurso Agua. Edición Especial No 316. p 10.

Tincopa, J. 2005. "La calidad del agua". Perú. (En línea).EC. Consultado 05 de jul, de 2016. Formato PDF.

Umaña, E. 2002. Manejo de cuencas hidrográficas y protección de fuentes de agua. En línea. Consultado el 06 de jun. 2017. Formato PDF.

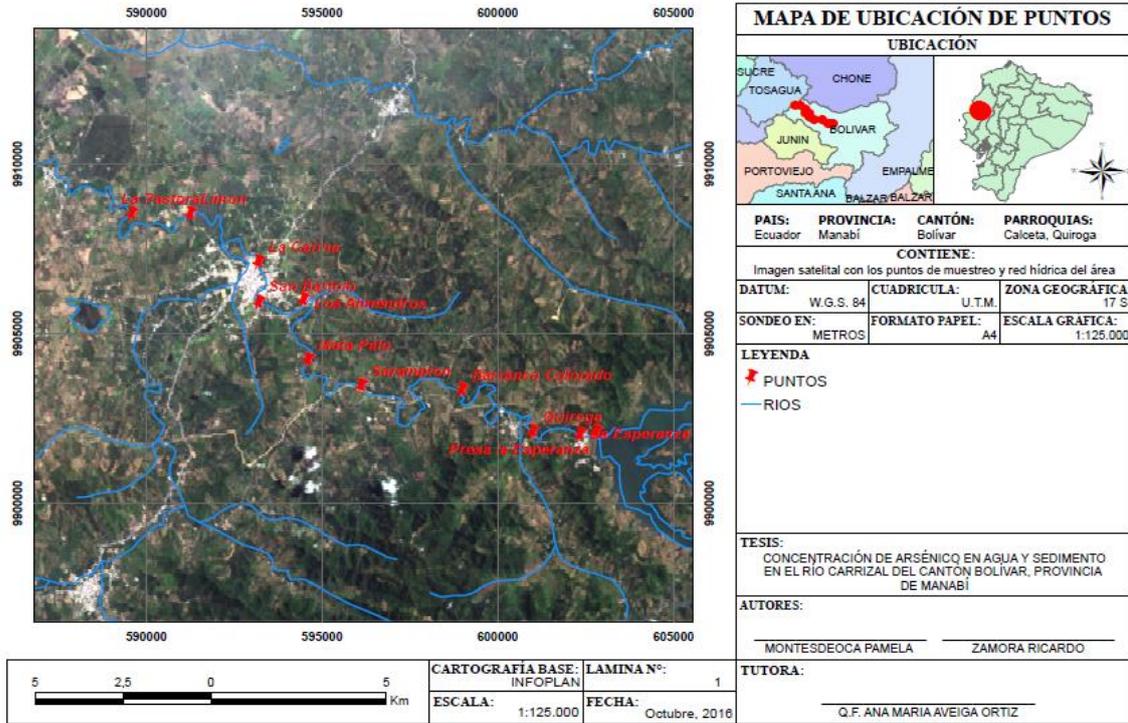
Villamar, F.; Villao, A.; 2012. PLAN DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN UNA PLANTA DE AGROQUIMICOS (En línea). Consultado 15 de ago. 2017. Formato PDF.

# **ANEXOS**

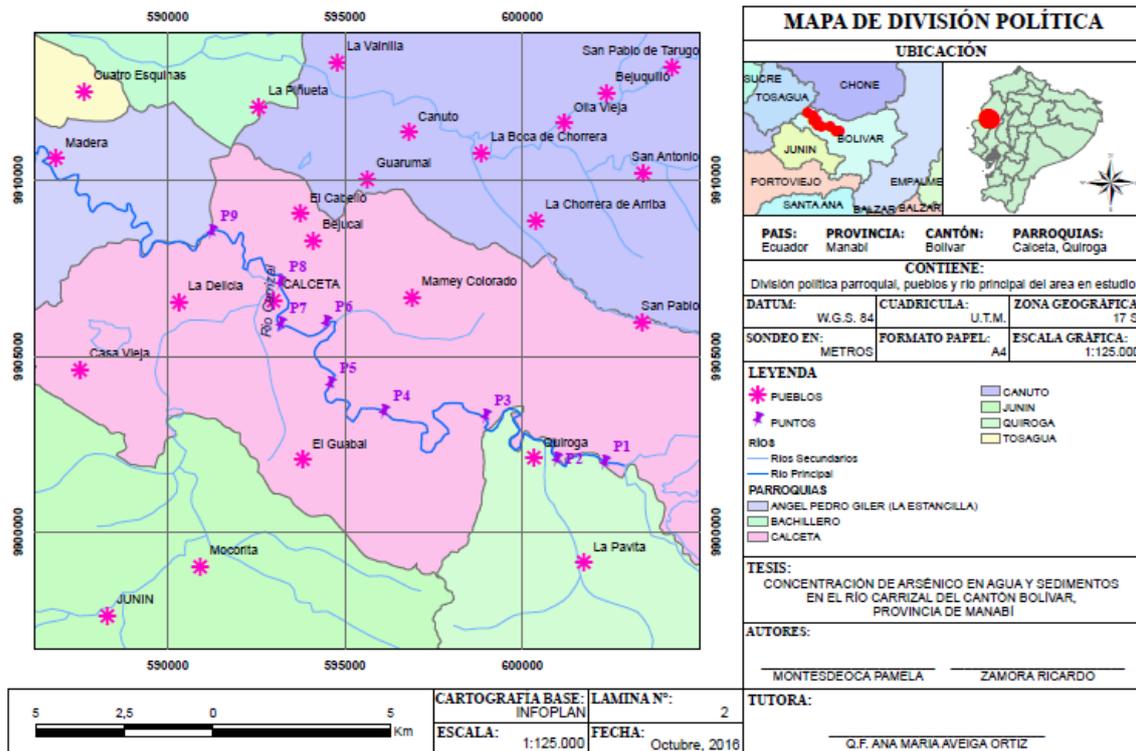
# **ANEXOS 1**

MAPAS TEMÁTICOS DE LA SUB-CUENCA DEL RÍO CARRIZAL  
DEL CANTÓN BOLÍVAR

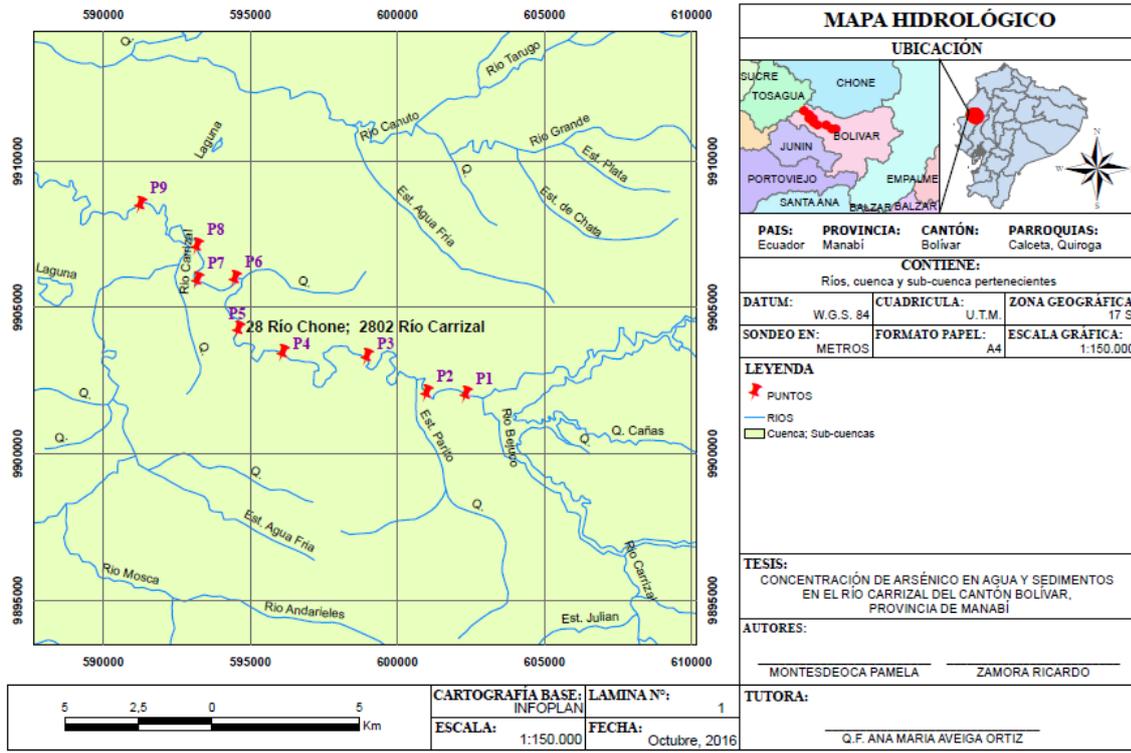
Anexo 1.1: Imagen satelital de la sub-cuenca del río Carrizal



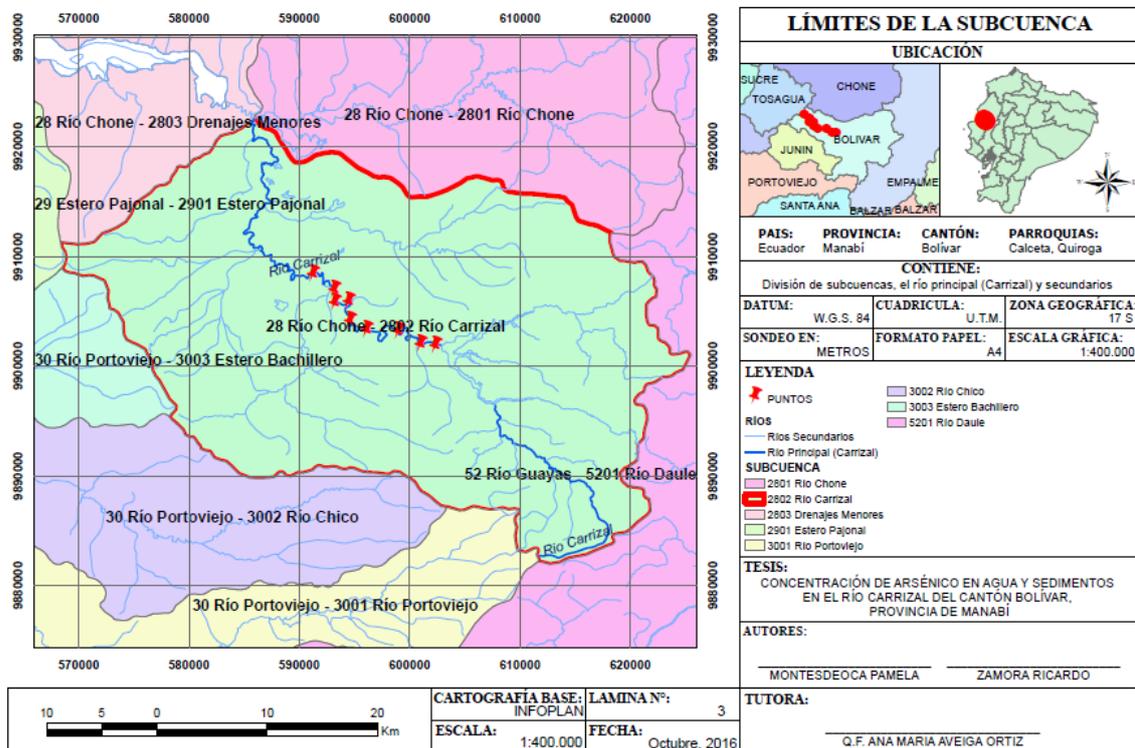
Anexo 1.2: Imagen de la división política de la sub-cuenca del río Carrizal



Anexo 1.3: Imagen hídrica de la sub-cuenca del río Carrizal



Anexo 1.4: Imagen de límites de la sub-cuenca del río Carrizal



**ANEXO 2**  
REPORTE DEL LABORATORIO

## Anexo 2.1.: Análisis de agua superficial

 <b>ESPE</b> <small>UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS</small> <small>ESPECIALIDAD EN CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN</small>	<b>UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE</b> <b>DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN</b> <b>LABORATORIO DEL MEDIO AMBIENTE</b>
---	--

### REPORTE DE RESULTADOS

<b>SOLICITANTE:</b> Dra. Ana Aveiga Ortiz	<b>TIPO DE MUESTRA:</b> agua superficial (RECOLECTADA POR EL CLIENTE)
<b>PROVINCIA:</b> Manabí <b>CANTÓN:</b> Bolívar	<b>LUGAR DE MUESTREO:</b> Río Carrizal Bolívar - Manabí (INFORMACION DADA POR EL CLIENTE) <b>FECHA TOMA DE MUESTRA:</b> 17-02-2017, 17-03-2017, 17-04-2017 (INFORMACION DADA POR EL CLIENTE) <b>FECHA DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS:</b> 17-05-2017, 18-05-2017, 19-05-2017
<b>MUESTRAS TOMADAS POR:</b> Ricardo Zamora Pamela Montesdeoca	<b>FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS:</b> 01-06-2017
<b>CORREO ELECTRÓNICO CLIENTE:</b> ricardozamra@gmail.com	<b>RECIBIDO POR:</b> Ing. Alexandra Albán

PARÁMETRO	UNIDADES DE MEDIDA	CRITERIO DE CALIDAD			MÉTODO	RESULTADOS DE AGUA		
						MUESTRA T1 (ppm)	MUESTRA 2 T2 (ppm)	MUESTRA 3 T3 (ppm)
Arsénico (As)	mg/L	0.1	0.05	0.1	APHA AWWA WEF 3500-As-B	8.987	ND*	ND*
						6.420	ND*	ND*
						9.862	ND*	ND*
						4.562	ND*	ND*
						10.005	ND*	ND*
						6.123	ND*	ND*
						2.344	ND*	ND*
						3.102	ND*	ND*
						2.566	ND*	ND*

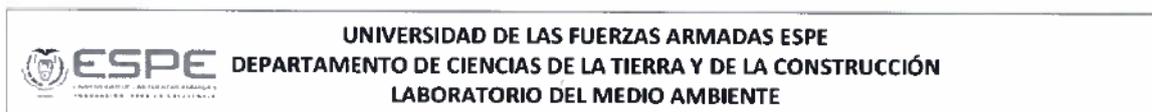
(ND\*): Valores no detectables por el equipo (Espectrofotómetro de Absorción Atómica Marca: PerkinElmer - Modelo: AAnalyst 200), se encuentran por debajo del rango de lectura en mg/L.

- Métodos normalizados adaptados de Standard Methods.
- El solicitante debe exigir el original con sello del LMA, el laboratorio no se responsabiliza por documentos fotocopiados.
- Los resultados del presente informe afectan únicamente a las muestras analizadas.
- El LMA se encuentra en proceso de acreditación.
- Los criterios de calidad están en base a las Normas TULSMA, Anexo 1 del Libro VI, Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3, Febrero 2016



  
Ing. Alexandra Albán  
Analista Laboratorio

## Anexo 2.2.: Análisis de sedimento



### REPORTE DE RESULTADOS

<b>SOLICITANTE:</b> Dra. Ana Aveiga Ortiz	<b>TIPO DE MUESTRA:</b> sedimentos (RECOLECTADA POR EL CLIENTE)
<b>PROVINCIA:</b> Manabí <b>CANTÓN:</b> Bolívar	<b>LUGAR DE MUESTREO:</b> Río Carrizal Bolívar - Manabí (INFORMACION DADA POR EL CLIENTE)
	<b>FECHA TOMA DE MUESTRA:</b> 17-02-2017, 17-03-2017, 17-04-2017 (INFORMACION DADA POR EL CLIENTE)
<b>MUESTRAS TOMADAS POR:</b> Ricardo Zamora Pamela Montesdeoca	<b>FECHA DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS:</b> 17-05-2017, 18-05-2017, 19-05-2017
	<b>FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS:</b> 01-06-2017
<b>CORREO ELECTRÓNICO CLIENTE:</b> <a href="mailto:ricardozamra@gmail.com">ricardozamra@gmail.com</a>	<b>RECIBIDO POR:</b> Ing. Alexandra Albán

PARÁMETRO	UNIDADES DE MEDIDA	MÉTODO	RESULTADOS DE SEDIMENTOS		
			MUESTRA T1 (ppm)	MUESTRA 2 T2 (ppm)	MUESTRA 3 T3 (ppm)
Arsénico (As)	mg/L	APHA AWWA WEF 3500-As-B	ND*	ND*	ND*
			ND*	ND*	ND*
			ND*	ND*	ND*
			ND*	ND*	ND*
			ND*	ND*	ND*
			ND*	ND*	ND*
			ND*	ND*	ND*
			ND*	ND*	ND*
			ND*	ND*	ND*

(ND\*): Valores no detectables por el equipo (Espectrofotómetro de Absorción Atómica Marca: *PerkinElmer* – Modelo: *Aanalyst 200*), se encuentran por debajo del rango de lectura en mg/L.

- Métodos normalizados adaptados de Standard Methods.
- El solicitante debe exigir el original con sello del LMA, el laboratorio no se responsabiliza por documentos fotocopiados.
- Los resultados del presente informe afectan únicamente a las muestras analizadas.
- El LMA se encuentra en proceso de acreditación.



  
Ing. Alexandra Albán  
Analista Laboratorio

# **ANEXO 3**

TABLAS DE NORMAS VIGENTES

**Anexo 3.1.:** Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico (Anexo 1: Tabla 1 del TULSMA)

<b>PARÁMETRO</b>	<b>EXPRESADO COMO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CRITERIO DE CALIDAD</b>
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Arsénico	As	mg/l	0,1
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	1000
Bario	Ba	mg/l	1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro	CN*	mg/l	0,1
Cobre	Cu	mg/l	2
Color	Color real	Unidades de Platino-Cobalto	75
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,05
Fluoruro	F <sup>-</sup>	mg/l	1,5
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	<2
Hierro	Fe	mg/l	1,0
Mercurio	Hg	mg/l	0,006
Nitratos	NO <sub>3</sub>	mg/l	50,0
Nitritos	NO <sub>2</sub>	mg/l	0,2
Potencial de Hidrógeno	pH	unidades de pH	6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,01
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/l	500
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,2
Turbiedad	unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	100,0

**Anexo 3.2.:** Criterios de calidad admisibles para la prevención de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios (Anexo 1: Tabla 2 del TULSMA)

PARÁMETROS	Expresados como	Unidad	Criterio de calidad	
			Agua dulce	Agua marina y de estuario
Aluminio <sup>(1)</sup>	Al	mg/l	0,1	1,5
Amoniaco Total <sup>(2)</sup>	NH <sub>3</sub>	mg/l	-	0,4
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	1,5
Bifenilos Policlorados	Concentración de PCBs totales	µg/l	1,0	1,0
Boro	B	mg/l	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,005
Cianuros	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,01	0,01
Cinc	Zn	mg/l	0,03	0,015
Cloro residual total	Cl <sub>2</sub>	mg/l	0,01	0,01
Clorofenoles <sup>(3)</sup>		mg/l	0,05	0,05
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2
Cobre	Cu	mg/l	0,005	0,005
Cromo total	Cr	mg/l	0,032	0,05
Estaño	Sn	mg/l		2,00
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1
Materia flotante de origen antrópico	visible		Ausencia	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,1
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	> 80	> 60
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05
Plaguicidas organoclorados totales	Organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Organofosforados totales	µg/l	10,0	10,0
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,005
Plomo	Pb	mg/l	0,001	0,001
Potencial de Hidrógeno	pH	unidades de pH	6,5 – 9	6,5 – 9,5
Selenio	Se	mg/l	0,001	0,001
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0,2	
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	13	200
DQO	DQO	mg/l	40	-
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub>	mg/l	20	-
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	max incremento de 10% de la condicion natural	-

**Anexo 3.1.:** Criterios de calidad de aguas para riego agrícola (Anexo 1: Tabla 3 del TULSMA)

<b>PARÁMETRO</b>	<b>EXPRESADO COMO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CRITERIO DE CALIDAD</b>
Aceites y grasas	Película Visible	mg/l	0,3
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico	As	mg/l	0,1
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	2,0
Cobalto	Co	mg/l	0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,2
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	1000
Cromo	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Huevos de parásitos			Ausencia
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,006
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Nitritos	NO	mg/l	0,2
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	3
pH	pH		
Plomo	Pb	mg/l	5,0
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sulfatos	SO	mg/l	250
Vanadio	V	mg/l	0,1

**Anexo 3.4:** Imagen Canadian Council of Ministers of the Environment

		Sediment quality guidelines for the protection of aquatic life					
		Freshwater			Marine		
		Concentration ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ dry weight)	Concentration ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ dry weight)	Date	Concentration ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ dry weight)	Concentration ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ dry weight)	Date
Chemical name	Chemical groups	ISQG	PEL		ISQG	PEL	
Arsenic	inorganic	5900	17000	1998	7240	41600	1998
		Soil quality guidelines for the protection of environmental and human health					
		Concentration (mg/kg dry weight)	Concentration (mg/kg dry weight)	Concentration (mg/kg dry weight)	Concentration (mg/kg dry weight)		Date
Chemical name	Chemical groups	Agricultural	Residential/ Parkland	Commercial	Industrial		
Arsenic	inorganic	12	12	12	12		1997
		Tissue Residue quality guidelines for the protection of wildlife consumer of aquatic Biota					
		Concentration ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ diet wet weight)				Date	
Chemical name	Chemical groups						

**ANEXO 4**  
REGISTROS FOTOGRÁFICOS

**Anexo 4.1.: E1: Esperanza**



**Anexo 4.2.: E2: Quiroga**



**Anexo 4.3.: E3: Barranco Colorado**



**Anexo 4.4.: E4: Sarampión**



**Anexo 4.5.: E5: Mata Palo**



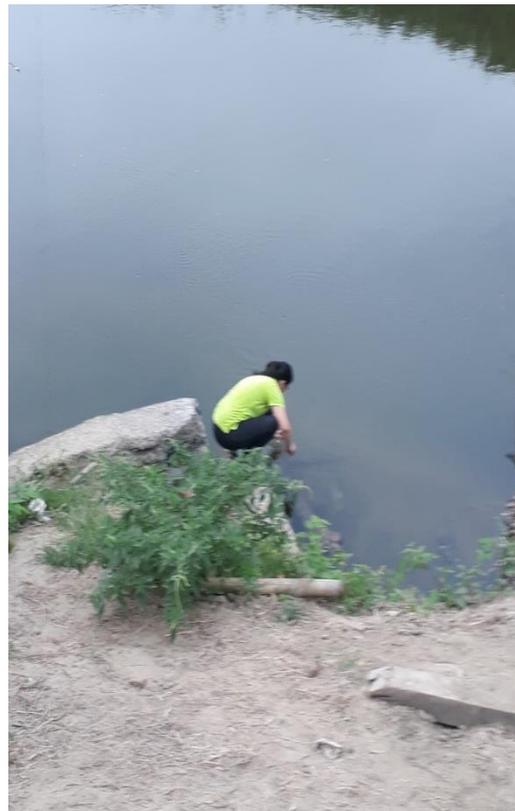
**Anexo 4.6.: E6: Los Almendros**



**Anexo 4.7.: E7: San Bartolo**



**Anexo 4.8.: E8: La Karina**



**Anexo 4.9.: E9: El Limón****Anexo 4.10.: Preparación de sedimentos****Anexo 4.11.: Muestras Atacadas****Anexo 4.12.: Muestras en Calentamiento**