



**DEPARTAMENTO DE POSTGRADO**

**MAESTRIA EN GESTION DE LA CALIDAD Y SEGURIDAD ALIMENTARIA**

**“DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS, ARSÉNICO, CADMIO, Y PLOMO EN  
CONCHAS PRIETA (*Anadara Tuberculosa*), EXTRAÍDOS DE LA DESEMBOCADURA DEL  
RÍO PITAL.”**

**TRABAJO DE GRADUACION PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO  
“MAGISTER EN GESTION DE LA CALIDAD Y SEGURIDAD ALIMENTARIA”**

**AUTOR: JOAQUIN DARWIN SIGUENZA TOLEDO**

**DIRECTOR: DR. PIERCÒSIMO TRIPALDI CAPPELLETTI**

**CUENCA, ECUADOR**

**2016**

## **DEDICATORIA**

Dedicada a mis padres Rita y Benigno, a mis hermanos y hermanas, por su irrenunciable misión de ayudarme en todo momento, a mi esposa Irene a mi querido hijo Giuseppe, y de manera especial a todos aquellos amigos que a pesar de su gran capacidad, no pudieron ser los profesionales que hubieran querido, por esos sueños negados y para ustedes va este triunfo.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi Dios Jehová por darme la vida, el amor y la alegría.

A mis padres por sus valiosos consejos, a mis hermanos y en especial a mi hermana Susana por su ayuda incansable, sin ella no podría haber alcanzado este logro.

A mí querida esposa Irene por su apoyo incondicional, a mi hijo Giuseppe por ser fuente inagotable de inspiración en todas mis luchas.

## **RESUMEN**

Para esta investigación se tuvo como objetivo determinar la concentración de metales pesados (arsénico, cadmio y plomo) en concha prieta, que se extraen de la desembocadura del Río Pital (manglares) de Puerto Jeli perteneciente a la ciudad de Santa Rosa.

Donde se analizaron 30 muestras (conchas prietas), las cuales fueron de diferentes tamaños, recolectadas en un mismo punto de la desembocadura del Río Pital de Puerto Jeli, el método utilizado fue el de Espectrofotometría de Absorción Atómica con horno de grafito, comparando los resultados con el reglamento de referencia Reglamento UE 2015/704 de la comisión de 30 de abril de 2015 (modificación del Reglamento (C/E) 1881/2006). Los resultados obtenidos fueron que, de las 30 muestras analizadas ninguna de ellas contenía arsénico por encima de los límites de detección instrumental (0,00225 mg/Kg), sin embargo en lo que tiene que ver con plomo el 73,33% de las muestras analizadas contienen plomo en una cantidad mínima de 0,063 mg/Kg, un máximo de 0,187 mg/Kg y un promedio de 0,123 mg/Kg de plomo, además, el 26,66% de las muestras tuvieron plomo en una cantidad inferior al límite de detección instrumental. En lo que tiene que ver con el cadmio el 100% de las muestras tuvieron cadmio en una cantidad mínima de 0,192 mg/Kg, un máximo de 0,429 mg/Kg y un promedio de 0,286 mg/Kg, tanto el contenido de arsénico, cadmio y plomo tuvieron por debajo del máximo permitido por el Reglamento UE 2015/704 de la comisión de 30 de abril de 2015, que es de 1 mg/Kg de cadmio, 1 mg/Kg de arsénico y 1,5 mg/Kg de plomo. Por lo que el consumo de estos moluscos extraídos de la desembocadura del Río Pital no constituye un riesgo para la salud de los consumidores.

**PALABRAS CLAVES:** METALES PESADOS, CONCHAS PRIETAS (*ANADARA TUBERCULOSA*), BIOACUMULACIÓN, ESPECTROFOTOMETRIA, LÍMITE DETECTABLE, RIESGO, INOCUIDAD, SALUD DE CONSUMIDORES, CONTAMINACIÓN.

## ABSTRACT

The objective of this research was to determine the concentration of heavy metals (arsenic, cadmium and lead) in mangrove cockles, which are extracted from the mouth of the Pital River mouth (mangroves) of Puerto Jeli in the city of Santa Rosa. Thirty samples (mangrove cockles) of different sizes, collected at the same point of the mouth of Pital River in Puerto Jeli were analyzed. Graphite Furnace Atomic Absorption Spectroscopy was the method used. The results were compared with the Commission Regulation (EU) 2015/704 of 30 April 2015 (amendment of Regulation (EC) 1881/2006). The results showed that of the 30 samples analyzed, none of them contained arsenic above instrumental detection limits (0.00225 mg / kg); however in regard to lead 73.33% of the samples analyzed contain it in a minimal amount of 0.063 mg / kg; a maximum of 0.187 mg / kg; and an average of 0.123 mg / kg. Additionally, 26.66% of the samples had lead in an amount below the instrumental detection limit. In regard to cadmium, 100% of the samples had cadmium in a minimal amount of 0.192 mg / kg; a maximum of 0.429 mg / kg; and an average of 0.286 mg / kg. The content of arsenic, cadmium and lead were below the maximum allowed by the EU Commission Regulation 2015/704 of 30 April 2015, which is 1 mg / kg of cadmium, 1 mg / kg of arsenic and 1.5 mg / kg of lead. Consequently, the consumption of these mollusks extracted from the mouth of the Pital River does not constitute any risk to consumers' health.

**KEYWORDS:** Heavy Metal, Mangrove Cockles (*Anadara Tuberculosa*), Bioaccumulation, Spectrophotometry, Detectable Limit, Risk, Safety, Consumers' Health, Contamination.



  
Translated by,  
Lic. Lourdes Crespo

## INDICE DE CONTENIDOS

|                                                                   | <b>Pag.</b> |
|-------------------------------------------------------------------|-------------|
| DEDICATORIA.....                                                  | ii          |
| AGRADECIMIENTO.....                                               | iii         |
| RESUMEN.....                                                      | iv          |
| ABSTRACT.....                                                     | v           |
| INDICE DE CONTENIDOS.....                                         | vi          |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS.....                                           | viii        |
| ÍNDICE DE TABLAS.....                                             | ix          |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                                            | x           |
| 1. INTRODUCCIÓN.....                                              | 1           |
| 1.1 <i>Anadara tuberculosa</i> (Sowerby, 1833).....               | 2           |
| 1.2 Metales pesados .....                                         | 4           |
| 1.3 Los Moluscos como Bioindicadores.. .....                      | 6           |
| 1.3.1 Importancia del análisis de los metales pesados. ....       | 7           |
| 1.4 Metales pesados a determinar (arsénico, cadmio y plomo).....  | 8           |
| 1.4.1 Arsénico.....                                               | 8           |
| 1.4.1.1 Efectos del arsénico sobre la salud de las personas. .... | 9           |
| 1.4.2 Cadmio.....                                                 | 10          |
| 1.4.2.1 Efectos del cadmio sobre la salud de las personas. ....   | 11          |
| 1.4.3 Plomo.....                                                  | 13          |
| 1.4.3.1 Efectos del plomo sobre la salud de las personas. ....    | 14          |

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| OBJETIVO GENERAL.....                                                                          | 16 |
| OBJETIVOS ESPECIFICOS.....                                                                     | 16 |
| CAPÍTULO I.....                                                                                | 17 |
| MATERIALES Y METODOS.....                                                                      | 17 |
| 1.1 Área de estudio.....                                                                       | 17 |
| 1.2 Recolección y preparación de las muestras.....                                             | 17 |
| 1.3 Fundamento de la espectrofotometría por absorción atómica con horno de grafito.....        | 18 |
| 1.4 Diagrama de flujo del análisis de determinación de metales pesados en conchas prietas..... | 20 |
| CAPITULO II.....                                                                               | 21 |
| RESULTADOS.....                                                                                | 21 |
| 2.1 Resultados Analíticos.....                                                                 | 21 |
| 2.1.1 Cadmio en conchas prietas.....                                                           | 23 |
| 2.1.2 Plomo en conchas prietas.....                                                            | 23 |
| 2.1.3 Arsénico en conchas prietas.....                                                         | 24 |
| 2.2 Análisis Estadístico.....                                                                  | 24 |
| CAPITULO III.....                                                                              | 26 |
| DISCUSIÓN.....                                                                                 | 26 |
| 3.1 Aspectos Ambientales.....                                                                  | 26 |
| 3.2 Impacto en la salud de los consumidores.....                                               | 27 |
| CONCLUSIONES.....                                                                              | 28 |
| BIBLIOGRAFIA.....                                                                              | 29 |
| ANEXOS.....                                                                                    | 34 |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Pág.

**GRÁFICO N° 1** Análisis del contenido de cadmio en concha prieta (*Anadara tuberculosa*)....23

**GRÁFICO N° 2** Análisis del contenido de plomo en concha prieta (*Anadara tuberculosa*).....24



## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                          | Pág. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Tabla N° 1</b> Metales pesados según su número atómico.....                                           | 5    |
| <b>Tabla N° 2</b> Principales fuentes de emisión de, arsénico, cadmio y plomo.....                       | 6    |
| <b>Tabla N° 3</b> Tallas de las muestras ( <i>Anadara tuberculosa</i> ) analizadas.....                  | 21   |
| <b>Tabla N° 4</b> Concentraciones de arsénico, cadmio y plomo en conchas prietas (mg/Kg).....            | 22   |
| <b>Tabla N° 5</b> Valores de media, desviación estándar y error estándar de las muestras analizadas..... | 24   |

INDICE DE FIGURAS

Pág.

**Figura N° 1** Concha prieta (*Anadara tuberculosa*) ..... 3

**Figura N° 2** Ubicación geográfica del área de estudio .....4

**Figura N° 3** Sistema de obtención de átomos en estado fundamental en EAA con horno de grafito..... 19

Ing. Joaquin Darwin Siguenza Toledo

Trabajo de Graduación

Dr. Piercósimo Tripaldi Cappelletti

Abril 2016

“DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS, ARSÉNICO, CADMIO, Y PLOMO EN CONCHAS PRIETA (*Anadara tuberculosa*), EXTRAÍDOS DE LA DESEMBOCADURA DEL RÍO PITAL.”

## 1.- INTRODUCCION

Todas las actividades humanas generan un impacto sobre el medio ambiente, sea este negativo o positivo, lastimosamente hasta ahora los impactos negativos son los que más pesan en la balanza de la comparación. Actividades como la industrialización, crecimiento poblacional, explotación de hidrocarburos en las costas marinas, son algunos de los factores que potencian la concentración anormal de sustancias tóxicas al medio ambiente tales como pesticidas, metales pesados, entre otros.

Los metales pesados son unos de los elementos que el hombre no los crea ni los destruye ya que forman parte de la corteza terrestre, suelos, rocas, etc. (Moreno, M. 2003). Pero el hombre los utiliza para un sinnúmero de actividades y en la fabricación de productos, al desecharlos, o al ser parte de las aguas residuales de las fábricas estas aumentan la concentración de estos elementos en el medio ambiente, además de que cambia la forma química y bioquímica en la que se encuentran. Los resultados que arrojan las investigaciones sobre metales pesados, en el medio ambiente son alarmantes y de gran preocupación, sobre todo por el impacto negativo que estos elementos tienen sobre los seres vivos, por tanto es de suma importancia determinar el origen y destino de estos elementos para poder así proyectar las consecuencias eco toxicológicas que podrían tener, tanto en el ecosistema en el que se desarrollan así como también en el hombre.

Las concentración de metales pesados en los sedimentos de los estuarios marinos puede ser mayor ya que los sedimentos tienden a acumular metales pesados debido a ciertas características del mismo (Martínez, 2000), la captación de metales pesados por parte de los sedimentos al igual que su posible liberación al medio acuático depende de factores como: a) propiedades de los metales entre las que se pueden citar la solubilidad, la reactividad frente a la formación de complejos y la capacidad de adsorción ; b) características de las soluciones por ejemplo el pH, y concentración de ligandos en solución ; c) características de las

superficies bióticas y abióticas presentes, como porosidad y capacidad de asimilación (López, F. 2002). La temperatura es otro factor que influye en la solubilidad de los metales y al igual que el contenido de oxígeno disuelto, afecta de forma decisiva a la distribución como al estado fisiológico de la biota del sistema acuático del que va a depender la respuesta frente al tóxico (Rosas, 2001).

El mayor peligro no reside en la contaminación de metales pesados en sí, sino en su incorporación a la productiva red trófica de un estuario marino, en su magnificación y bioacumulación en los organismos, y en la dificultad para su eliminación (Senior, W. 2014).

Dentro de esos organismos están los moluscos bivalvos que son organismos cuya forma de alimentación es por filtración, es decir filtran su alimento, principalmente vegetales microscópicos (fitoplancton) , por lo que, debido a la gran afinidad de los metales pesados por unirse a residuos de cisteína y el grupo sulfidrilo de las proteínas de los moluscos en este caso de estudio, hace que su nivel de toxicidad sea muy alto, ya que se absorben muy bien a través de las membranas biológicas (Thomas, G. 2006), y por tanto siendo los moluscos una fuente de alimentación de los seres humanos, se convierten en un riesgo para la salud del mismo.

Es necesario anotar que debido a la gran capacidad de los moluscos para acumular metales pesados y sus compuestos orgánicos, son utilizados como centinelas (Kimbrough, K. 2008), es decir como bioindicadores en la vigilancia o monitoreo en ambientes marinos costeros.

### **1.2 *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833)**

**Reino:** Animalia

**Filo:** Mollusca

**Clase:** Bivalvia

**Orden:** Arcoida

**Familia:** Arcidae

**Género:** *Anadara*

**Nombre común:** Concha prieta, (Ecuador y Panamá) “piangua” (Colombia y Costa Rica), “concha negra” (Perú, Nicaragua y El Salvador), “curil” (El Salvador y Honduras).

**Nombre en inglés:** Black ark

**Características:** Es un molusco bivalvo de la familia Arcidae se encuentra asociado a las raíces de los mangles *Rizhophora* spp, presenta una concha grande, equivalva, de forma oblicuamente ovalada; con el margen dorsal angulado. Escultura con 34 a 37 costillas radiales, con nudos dispersos principalmente sobre el lado anterior. Umbos anchos (salientes en cada lado de las bisagras de una concha bivalva), frecuentemente erosionados. La concha es blanca cubierta por un periostraco café negruzco provisto de finas cerdas entre las costillas. Cara interna blanca, con un tono rosado debajo de la charnela; borde crenulado. Son filtradores, participando las branquias, además de su función respiratoria, en la obtención de alimento (fitoplancton). Son organismos dioicos (presenta sexos separados); los organismos hermafroditas son extremadamente raros.

**Figura N° 1 Concha prieta (*Anadara tuberculosa*)**



Fuente: Autor

*Anadara tuberculosa*, o “concha prieta” es un molusco bivalvo que habita los sustratos fangosos de manglares ubicados desde la Laguna Ballena (Baja California), hasta Tumbes, Perú (Mackenzie, 2001), tienen un tamaño máximo de 14,5 cm por 12 cm, vive en zonas de intermareas y en aguas sublitorales poco profundas sobre banco de arena o fondos fangosos de áreas de manglares. El intervalo de temperaturas en las zonas donde se desarrolla se encuentra entre los 17° C y los 27°C y en manglares pantanosos desde los 20.5°C a 35°C, en cuanto a la salinidad, los límites están entre los 30-40‰. En nuestro país estas especies representan una gran actividad económicamente importante dentro de la pesquería artesanal, y de gran demanda en el ámbito nacional e internacional (Cabanilla, C. 2010). Esta actividad extractiva se desarrolla principalmente en los ecosistemas manglares de la provincia de Esmeraldas (Palma Real, San Lorenzo, Limones, Muisne), de Guayas (Puerto El Morro e Isla Puná) y de El Oro (Archipiélago de Jambelí) (Mora & Moreno, 2004) sosteniendo la economía familiar de miles de familias asociadas a su extracción y comercio. Tal es el caso de que solo en Puerto Jeli existen 44 concheros que realizan actividades de recolección y comercialización

de *Anadara tuberculosa*. La concha se distribuye principalmente para el consumo local y se comercializa en ciudades de la sierra, específicamente Loja y Cuenca.

**Figura N°2 Distribución geográfica de *Anadara tuberculosa***



Fuente: [http://www.aularagon.org/files/espa/atlas/mundi\\_indice.htm](http://www.aularagon.org/files/espa/atlas/mundi_indice.htm)

## 1.2 Metales pesados

Una forma opcional de nombrar a este grupo es como “elementos tóxicos”, los cuales, de acuerdo a la lista de contaminantes prioritarios de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA), incluyen a elementos como: arsénico, cromo, cobalto, níquel, cobre, zinc, plata, cadmio, mercurio, titanio, selenio y plomo.

Hasta ahora no existe una definición oficial de ningún organismo referente como la International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) acerca de lo que son los metales pesados, pero para referirse a ellos se toman ciertas propiedades principales para definirlos entre las cuales están la densidad, peso atómico y masa atómica, es así que, estrictamente y desde el punto de vista químico, los metales pesados están constituidos por elementos de transición y post-transición incluyendo algunos metaloides como el arsénico y selenio (Schinitman, N. 2004). Estos elementos tienen una gravedad específica significativamente superior a la del sodio, calcio, y otros metales ligeros. Por otro lado, estos elementos se presentan en diferente estado de oxidación en agua, aire y suelo y presentan diversos grados de reactividad, carga iónica y solubilidad en agua, además se les atribuye efectos de contaminación ambiental, tóxicos y eco tóxicos o venenosos en concentraciones bajas.

En la siguiente tabla tenemos algunos elementos considerados metales pesados, ordenados según su número atómico.

**Tabla N° 1 Metales pesados según su número atómico.**

| <b>Metales pesados</b>                                               |                       |                        |                    |                       |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|
| Berilio (4)<br>[Be]                                                  | Aluminio (13)<br>[Al] | Vanadio(23)<br>[V]     | Cromo (24) [Cr]    | Manganeso(25)<br>[Mn] |
| Hierro (26)<br>[Fe]                                                  | Cobalto (27) [Co]     | Níquel (28)<br>[Ni]    | Cobre (29)<br>[Cu] | Zinc (30)<br>[Zn]     |
| Arsénico* (33)<br>[As]                                               | Selenio**(34)<br>[Se] | Molibdeno (42)<br>[Mo] | Plata (47)<br>[Ag] | Cadmio (48)<br>[Cd]   |
| Estaño (50)<br>[Sn]                                                  | Bario(56)<br>[Ba]     | Mercurio (80)<br>[Hg]  | Talio (81)<br>[Tl] | Plomo (82)<br>[Pb]    |
| *As es un semimetal; **Se es un no metal; los restantes son metales. |                       |                        |                    |                       |

Fuente:<http://www.ecoportal.net/Temas->

Especiales/Contaminacion/Metales\_Pesados\_Ambiente\_y\_Salud

Los metales pesados se encuentran en forma natural en la corteza terrestre. Estos se pueden convertir en contaminantes si su distribución en el ambiente se altera mediante actividades humanas. Estos elementos también pueden ser llamados “metales trazas” porque presentan bajas concentraciones en organismos, del orden de 1 mg/kg o menos, aunque dicho término puede simplemente implicar la presencia de un requerimiento esencial de un determinado metal en un organismo (Rosas, 2001) En general esto puede ocurrir durante la extracción minera, el refinamiento de productos mineros o por la liberación al ambiente de efluentes industriales y emisiones vehiculares. Además, la inadecuada disposición de residuos metálicos también ha ocasionado la contaminación del suelo, agua superficial y subterránea y de ambientes acuáticos.

Tanto las fuentes naturales como antropogénicas pueden contribuir de manera importante a la emisión de elementos metálicos a la atmósfera (Moreno, M. 2003). Ante esto cabe señalar que la emisión de metales pesados se realiza en su mayoría por fuentes naturales; sin embargo, las fuentes antropogénicas pueden contribuir de manera importante. Hay una creciente evidencia de la contaminación de las aguas costeras del Pacífico y a pesar de las políticas oficiales dirigidas a regular las emisiones de contaminantes, esto es probable que aumente en vista de las intensas actividades agrícolas, industriales y relacionadas con la pesca de los estados costeros (Soto, Páez, M. & Ruiz A. 2003).

La alta toxicidad de los metales como As, Cd, Cr, Pb, Hg, Ni y Zn a bajas salinidades es atribuida normalmente a una acumulación más rápida de estos metales siendo mayor importancia en los estuarios (Senior, W. 2014). Todos los metales pesados mencionados son los de mayor importancia toxicológica y ecotoxicológica ya que para la mayoría de los

organismos la exposición por encima de una concentración umbral puede ser pernicioso (Martínez, 2000 & Castañé, 2003)

**Tabla N° 2 Principales fuentes de emisión de, arsénico, cadmio y plomo.**

| <b>PRINCIPALES FUENTES DE EMISIÓN DE ARSENICO, CADMIO, MERCURIO Y PLOMO</b> |                                                             |                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| <b>Arsénico</b>                                                             | <b>Cadmio.</b>                                              | <b>Plomo</b>                                |
| Industria productora del cobre                                              | Baterías recargables de Níquel/Cadmio (Ni/Cd).              | Fundición primaria y secundaria de metales. |
| Producción de plomo y zinc                                                  | Fertilizantes                                               | Loza vidriada.                              |
| Drenajes y lixiviados procedentes de la minería.                            | Pigmentos y estabilizadores en plásticos y PVC              | Producción de pinturas.                     |
|                                                                             | Elaboración de pigmentos y pinturas                         | Elaboración de latas soldadas con plomo     |
|                                                                             | Galvanización.                                              | Industria electrónica y de cómputo.         |
|                                                                             | Catalizadores y conservadores en la industria del plástico. | Uso de gasolina con plomo.                  |
|                                                                             | Aleaciones.                                                 |                                             |

Fuente: <http://www.inecc.gob.mx/sqre-temas/763-aqre-metales>

Una vez introducido en los ecosistemas, se puede encontrar en cualquier forma de vida animal o vegetal, pudiendo llegar hasta el ser humano.

### **1.3 Los moluscos como bioacumuladores.**

La Bioacumulación involucra un sistema de transporte de membrana que internaliza al metal pesado presente en el entorno celular con gasto de energía. Una vez incorporado el metal pesado al citoplasma, éste es secuestrado por la presencia de proteínas ricas en grupos sulfhidrilos llamadas metalotioneínas o también puede ser compartimentalizado dentro de una vacuola, como ocurre en hongos (Lovley, D. 2000). Los moluscos bivalvos son resistentes a



altas concentraciones de metales sin que en principio les provoque una toxicidad acusada (Walker et al., 2006), por su capacidad de bioacumular, los moluscos bivalvos son utilizados como bioindicadores, con el objeto de detectar perturbaciones en el medio ambiente por la presencia de contaminantes (Viarengo, A. 2007), los moluscos presentan las siguientes características por las cuales son tomados como bioindicadores:

- Amplia distribución geográfica.
- Abundancia
- Sedentarismo
- Alimentación por filtración y longevidad.
- Capacidad de bioacumular xenobioticos del agua y de los sedimentos
- Resistencia a las altas concentraciones de metales pesados.
- Aparición temprana del estrés lo que permite predecir disturbios en varios niveles de organización.

El uso de los moluscos como bioindicadores son los más recomendados para determinar la contaminación acuática por metales en las zonas costeras (Blasco, J. 2003). Al estudiar a los bivalvos como bioindicadores nos permite evaluar los posibles riesgos para la salud, derivados del consumo de ellos, particularmente cuando han sido expuestos a altas concentraciones de metales pesados que puede llevar a la muerte de los consumidores, así como sus efectos a largo plazo cuando la exposición ha sido a concentraciones muy bajas en periodos prolongados (Olavarría, Y. 2007)

Por ejemplo el Pb tiene la capacidad de bioacumularse con facilidad en los tejidos de los organismos *A. tuberculosa* y *A. similis*, convirtiendo a ambas especies en organismos idóneos para ser utilizados como biomonitores de contaminación por Pb (Ayala, J. 2014).

### **1.3.1 Importancia del análisis de los metales pesados.**

En el suelo existen diferentes materiales y estructuras geológicas que son fuente de una gran variedad de iones (metales pesados) y que están disueltos en sistemas acuáticos, los mismos que se disuelven de acuerdo a su solubilidad. Algunos de estos iones se encuentran en forma mayoritaria, respecto a los demás elementos en todas las aguas continentales, mientras que los otros se hallan a niveles de trazas, como es el caso de los metales pesados, siendo algunos de ellos necesarios para el correcto desarrollo de microorganismos, plantas y animales (Rosas, 2001).

La contaminación en los sistemas acuáticos por metales pesados se produce, entre otros factores, por actividad antropogénicas (actividad humana). El otro factor que produce la

contaminación por metales pesados en el ciclo hidrológico, procede de diversas fuentes, siendo una de ellas de origen litogénico o geoquímico es decir, a partir de los minerales que por causa de la erosión, lluvias, etc. son arrastradas al agua. Los metales son difíciles de eliminar del medio en que se encuentra debido a la facilidad de ser absorbidos por los seres vivos, es así que un metal en forma iónica puede absorberse más fácilmente que estando en forma elemental, y si esta se halla reducida finamente aumentan las posibilidades de su oxidación y retención por los diversos órganos del ser vivo (Mero, M. 2010).

El uso de los moluscos como bioindicadores es precisamente para determinar a través de la concentración de metales pesados que exista en sus tejidos, la calidad de las cuencas hidrográficas. La importancia que tiene el estudio de metales pesados en aguas y sedimentos radica en que estos poseen una elevada toxicidad, alta persistencia y rápida acumulación por organismos vivos, además de que los efectos tóxicos de los metales pesados no se detectan fácilmente a corto plazo.

#### **1.4 Metales pesados a determinar (arsénico, cadmio y plomo).**

En este trabajo de investigación se determinó tres metales pesados en el tejido blando de las conchas prietas: arsénico, cadmio y plomo, los cuales son de gran interés debido a su alta toxicidad.

##### **1.4.1 Arsénico**

El arsénico se encuentra distribuido ampliamente en la naturaleza (cerca de  $5 \times 10^{-4}\%$  de la corteza terrestre), de símbolo As, número atómico 33 y de peso molecular de 74.922 g. Desde que el arsénico se identificó y aisló por vez primera en 1250 por Alberto Magno, éste se ha utilizado ampliamente debido a sus propiedades medicinales y tóxicas (MANDAL, & SUZUKI, 2002). Naturalmente presente en alimentos y bebidas corrientemente alcanza concentraciones relativamente grandes en los crustáceos y otros mariscos, Si bien el arsénico se asocia con la muerte, es un elemento esencial para la vida y su deficiencia puede dar lugar a diversas complicaciones.

El ISTP U (Ingesta Semanal Tolerable Provisional), es el valor toxicológico de referencia para contaminantes que pueden acumularse en el organismo como los metales pesados. Este valor representa la exposición semanal tolerable para el hombre de aquellos contaminantes inevitablemente asociados al consumo de alimentos por lo demás sanos y nutritivos. El término provisional se refiere a que la evaluación no es definitiva, debido a la escasez de datos fiables sobre las consecuencias de la exposición en el hombre a los niveles previstos

que se produzcan a partir de los alimentos y, en consecuencia, se utiliza el término ISTP (ZUKOWSKA, & BIZIUK, 2008).

El Programa Conjunto FAO/OMS, establecen un valor toxicológico de referencia para la ingesta de arsénico inorgánico, conocida como Ingesta Semanal Tolerable Provisional (ISTP), de 0,015 mg/kg de peso corporal, cuyo valor representa una estimación de la cantidad de un contaminante presente en los alimentos o en el agua de bebida, que puede ser ingerida todos los días durante toda la vida sin que los riesgos para la salud sean apreciables.

El arsénico se encuentra especialmente en el entorno marino, a menudo en grandes concentraciones de formas orgánicas, de hasta 50 mg/kg de arsénico en peso en fresco en algunos productos del mar, como las algas marinas, el pescado, los mariscos y los crustáceos. Los metilados de arsénico tienen una toxicidad aguda baja; la arsenobetaína, principal forma del arsénico presente en el pescado y los crustáceos, se considera no tóxica. En los crustáceos, los moluscos y las algas, se presentan derivados del dimetilarsinoilribosido ("arsenoazúcares"), cuya posible toxicidad no se conoce con detalle. Sólo un porcentaje bajo del arsénico total presente en el pescado es inorgánico, que es la única forma para la cual el JECFA ha establecido una ISTP. Los datos epidemiológicos humanos utilizados para hacer esta evaluación de riesgos se basan en la exposición a arsénico inorgánico a través del agua potable (FAO/OMS, 2007).

#### **1.4.1.1 Efectos del Arsénico sobre la salud de las personas.**

El Arsénico es uno de los más tóxicos elementos que pueden ser encontrados. Debido a sus efectos tóxicos, los humanos pueden ser expuestos al Arsénico a través de la comida, agua y aire. La exposición puede también ocurrir a través del contacto con la piel con suelo o agua que contenga Arsénico.

Los compuestos de arsénico también se han aplicado en otros campos como la agricultura, la electrónica y la metalurgia y siguen teniendo usos comerciales en plaguicidas, preservantes de la madera y en la producción de vidrio, papel y semiconductores (TCHOUNWOU et al., 2004). El arsénico puede estar presente en distintos estados de oxidación (-III, 0, III, V) y en formas inorgánicas y orgánicas, en un amplio rango de concentraciones en aire, agua, suelos, vegetales y animales (LITTER et al., 2009). Con relación a este aspecto, el arsenito As (III) es la forma inorgánica más tóxica, 10 veces más que el arseniato As (V), los arsenoazúcares y arsenolípidos, están involucrados en la formación de ácido dimetilarsínico (DMA) en la orina, el cual posee actividad tóxica conocida y podría jugar un papel importante en la carcinogénesis (SORIANO, 2009).

Una vez que el arsénico ingresa al organismo por vía digestiva, inhalada o cutánea permanece brevemente en la sangre para distribuirse mayoritariamente en el hígado, riñones, tracto digestivo pero una porción del arsénico es eliminado en forma inorgánica, se considera que la principal respuesta definitiva del organismo es inactivarlo mediante mecanismos de metilación. Dentro los factores que pueden influir en la capacidad de metilación está la dosis de exposición, una dieta alta en metionina y proteínas y el probable polimorfismo genético unido al sexo y el de las enzimas metilantes (metil transferasa), pues se ha encontrado mayor inducción en mujeres. Cuando la capacidad de este mecanismo de destoxificación es rebasado se presentan factores tóxicos (POLO, 2009).

Los efectos sobre la salud, son: irritación del estómago e intestinos, disminución en la producción de glóbulos rojos y blancos, cambios en la piel, e irritación de los pulmones. Es sugerido que la toma de significantes cantidades de Arsénico inorgánico puede intensificar las posibilidades de desarrollar cáncer, especialmente las posibilidades de desarrollo de cáncer de piel, pulmón, hígado, infertilidad y abortos en mujeres, pérdida de la resistencia a infecciones, perturbación en el corazón y daño del cerebro tanto en hombres como en mujeres. Finalmente, el Arsénico inorgánico puede dañar el ADN. El Arsénico orgánico no puede causar cáncer, ni tampoco daño al ADN. Pero exposiciones a dosis elevadas puede causar ciertos efectos sobre la salud humana, como es lesión de nervios y dolores de estómago. Se necesita más investigación del resultado de los arsénicos orgánicos y la posibilidad de que puedan convertirse en formas inorgánicas más tóxicas de arsénico, a través de la elaboración o del metabolismo en los animales o en los seres humanos. El Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) ha clasificado al arsénico inorgánico como carcinógeno humano (FAO/OMS, 2007).

#### **1.4.2 Cadmio**

Elemento químico relativamente raro que algunas actividades humanas liberan a la atmósfera, la tierra y el agua (FAO/OMS, 2007), de símbolo Cd, número atómico 48; tiene relación estrecha con el zinc, con el que se encuentra asociado en la naturaleza. Es un metal dúctil, de color blanco argentino con un ligero matiz azulado. Es más blando y maleable que el zinc, pero poco más duro que el estaño. Peso atómico de 112.40 y densidad relativa de 8.65 a 20°C (68°F). Su punto de fusión de 320.9°C (610°F) y de ebullición de 765°C (1410°F) son inferiores a los del zinc. Hay ocho isótopos estables en la naturaleza y se han descrito once radioisótopos inestables de tipo artificial. Es probablemente el elemento más biotóxico, y es considerado como un contaminante principal y, por la variedad de usos, los aportes

antropogénicos de cadmio son considerados la principal fuente de este elemento al medio ambiente marino entrando por deposición (Senior, W. 2014).

El aumento del contenido de cadmio en los suelos incrementa la absorción de cadmio en las plantas; de esta manera, la exposición humana a través de cultivos agrícolas es susceptible al incremento del cadmio presente en el suelo. Las plantas absorben una mayor cantidad de cadmio del suelo cuando el pH del suelo es bajo. Los organismos alimentarios comestibles que viven en libertad, como los crustáceos y los hongos, acumulan cadmio naturalmente. Como en los seres humanos, en los caballos y en algunos animales terrestres salvajes la concentración de cadmio en el hígado y los riñones aumentan. El consumo regular de estos productos puede incrementar la exposición (FAO/OMS 2007).

El Programa Conjunto FAO/OMS, establecen un valor toxicológico ISTP de cadmio de 0,007 mg/kg de peso corporal, por ser altamente tóxico el CIIC en 1993 clasificó al cadmio y los compuestos de cadmio en el grupo 1, cancerígenos para los seres humanos (FAO/OMS, 2007).

#### **1.4.2.1 Efectos del Cadmio sobre la salud**

La toma por los humanos de Cadmio tiene lugar mayormente a través de la comida. Los alimentos que son ricos en Cadmio pueden en gran medida incrementar la concentración de Cadmio en los humanos. Ejemplos son patés, champiñones, mariscos, mejillones, cacao y algas secas.

La sangre transporta el Cadmio al resto del cuerpo donde puede incrementar los efectos por potenciación del Cadmio que está ya presente por comer comida rico en Cadmio. En el ser humano, la exposición intensa por inhalación de vapor de óxido de cadmio produce neumonitis aguda, con edema pulmonar, que puede ser letal. La ingestión de dosis elevadas de sales solubles de cadmio produce gastroenteritis aguda. La exposición ocupacional prolongada al cadmio ha producido efectos crónicos graves, principalmente en el pulmón y el riñón. También se han observado efectos renales crónicos en la población general. Entre otros efectos que se han detectado tras la exposición está la hipercalciuria, formación de cálculos renales, osteoporosis y/u osteomalacia (Olavarría, Y. 2007).

El Cadmio es transportado hacia el hígado por la sangre, allí es unido a proteínas para formar complejos que son transportados hacia los riñones, en estos se acumula, y causa un daño en el mecanismo de filtración. Causando la excreción de proteínas esenciales y azúcares del cuerpo y el consecuente daño de los riñones. Lleva bastante tiempo antes de que el Cadmio que ha sido acumulado en los riñones sea excretado del cuerpo humano.

Además la deficiencia de metales esenciales como: Fe, Cu, Zn y Ca en el cuerpo humano facilita la absorción de Cd, por lo tanto sus órganos blanco son el riñón (especialmente la corteza renal), hígado, pulmón, hueso y placenta. Se estima que entre un 10-50% de Cd se absorbe en pulmón, mientras que a nivel gastrointestinal la absorción es del 8%. Así, en fumadores, se ha encontrado que la concentración de Cd en la sangre es de 1-4 µg/l, un valor de 4 a 5 veces más alto que en los no fumadores. Además del tabaco, alimentos como mariscos tienen altas concentraciones de Cd (Storelli, 2009). El Cd asimilado, es captado por el hígado donde forma complejos con pequeños péptidos como el glutatión (GSH) (Cd-GSH) o con proteínas de bajo peso molecular como la metalotioneína (MT) (Cd-MT) y es secretado en la bilis o bien liberado a la circulación. Estos complejos son una forma importante de transporte y almacenamiento del metal dentro del organismo, explicando así su larga vida biológica entre los 10-30 años (EFSA 2009).

Otros efectos sobre la salud que pueden ser causados por el Cadmio son:

- Diarreas, dolor de estómago y vómitos severos
- Fractura de huesos
- Fallos en la reproducción y posibilidad incluso de infertilidad
- Daño al sistema nervioso central
- Daño al sistema inmune
- Desordenes psicológicos
- Posible daño en el ADN o desarrollo de cáncer.

La concentración crítica en la corteza renal, que da lugar a una prevalencia de 10% de proteinuria de bajo peso molecular en la población en general, es aproximadamente de 200 mg/kg y se alcanza con una ingestión alimentaria diaria de unos 175 µg por persona durante 50 años. Partiendo de una tasa de absorción de cadmio vía los alimentos de 5% y de una tasa diaria de excreción de 0.005% de la carga corporal se estableció un nivel de ingestión semanal tolerable provisional de 7µg/kg.

En la ciudad de Toyama, en Japón, ocurrió un brote epidémico de intoxicación (síndrome de Itai-Itai), uno de los primeros cuadros clínicos descritos atribuible exclusivamente a exposición ambiental al cadmio “itaí-itaí”, cuya traducción al inglés sería “ouch-ouch” ergo, en español es “ay-ay”, onomatopeya de las quejas debidas a los fuertes dolores que producía la osteomalacia entre los pobladores expuestos en la zona de Toyama (Japón), luego de la Segunda Guerra Mundial, donde se le describió por primera vez en zonas agrícolas con altos índices de contaminación por Cd y Zn en el agua de los cultivos de arroz ocasionado por la ingestión de arroz contaminado con cadmio, el cual era irrigado con agua contaminada por jales mineros (Ramírez, A. 2002).

### 1.4.3 Plomo

Elemento químico, Pb, número atómico 82 y peso atómico 207.19. El plomo es un metal pesado (densidad relativa, o gravedad específica, de 11.4 s 16 C (289,16°K)), de color azulado, que se empaña para adquirir un color gris mate. Es flexible, inelástico, se funde con facilidad, se funde a 327.4 C (600,56°K) y hierve a 1725 C (1998,16°K). Las valencias químicas normales son 2 y 4. Es relativamente resistente al ataque de los ácidos sulfúrico y clorhídrico. El plomo es anfótero, ya que forma sales de plomo de los ácidos, así como sales metálicas del ácido plúmbico. El plomo forma muchas sales, óxidos y compuestos organometálicos, reconocidamente es un metal que tiene un aporte antropogénico, cuya magnitud ha alcanzado niveles globales, siendo su principal fuente la atmósfera (Salamanca, & Jara, 2003).

El plomo de la atmósfera puede contribuir de manera importante a la exposición, dependiendo de factores como el uso de tabaco, ocupacionales y la proximidad a fuentes como autopistas y fundidores de plomo. La exposición al plomo puede producirse por muchas fuentes pero normalmente se produce por el uso industrial. El plomo y sus compuestos pueden penetrar en el medio ambiente durante la minería, la fundición, procesado, utilización, reciclado o deshecho. La principal exposición de los adultos no fumadores procede de los alimentos y el agua. Los alimentos, el aire, el agua y el polvo o el suelo son las principales fuentes potenciales de exposición a lactantes y niños pequeños (FAO/OMS, 2007).

El porcentaje de absorción del plomo después de la ingestión puede oscilar entre 3% y 80%. Es muy influido por la ingestión de alimentos, dándose porcentajes de absorción mucho más altos después del ayuno que cuando el plomo se ingiere con una comida. La absorción se ve también afectada por la edad, los porcentajes de absorción típicos en adultos y niños son del 10% y 50%, respectivamente. Hasta el 50% de compuesto de plomo inhalado puede ser absorbido. Después de su absorción y distribución en la sangre, inicialmente el plomo se distribuye a los tejidos blandos a través del cuerpo. Eventualmente, el esqueleto acumula plomo durante la mayor parte de la duración de la vida humana y puede servir como una fuente endógena de plomo. El período de semidesintegración para el plomo en la sangre y otros tejidos blandos dura entre 28 y 36 días, pero es mucho más largo en los distintos compartimentos del esqueleto. El porcentaje de retención de plomo en las reservas del cuerpo es superior en los niños que en los adultos. El plomo inorgánico no se metaboliza, el plomo que no se distribuye se excreta principalmente a través del hígado (FAO/OMS, 2007).

La toxicidad del plomo, se debe sobre todo a su forma química, siendo en general las formas inorgánicas menos tóxicas que las orgánicas, no se han encontrado indicaciones de que el

plomo se incrementa en los niveles tróficos superiores (Fant al et., 2001). Es mutagénico y teratogénico cuando se absorbe en grandes cantidades y podría llegar a ser carcinogénico (Seki, & Hiram, 2002).

Un valor de referencia toxicológico de plomo ISTP de 0,025 mg/kg de peso corporal, La ingesta diaria media de plomo en los alimentos y bebidas normales oscila entre 0,0033 y 0,005 mg/Kg de peso corporal, pudiendo añadirse a esta cifra otros 0,0013 mg/Kg de peso corporal y día procedentes de la atmósfera en los medios urbanos. Es sabido que una ingesta total de plomo de esta magnitud causa acumulación sin embargo no existen pruebas directas de que las acumulaciones en los tejidos a las dosis corrientes sean nocivas o sean potencialmente nocivas para el hombre. Sin embargo la extrapolación de los resultados obtenidos con experimentos en animales hace pensar que las actuales exposiciones ambientales a la acción del plomo pueden ser nocivas (FAO/OMS, 2007).

#### **1.4.3.1 Efectos del Plomo sobre la salud**

El plomo es un veneno clásico crónico o acumulativo que en el ser humano, puede dar lugar a una amplia gama de efectos biológicos dependiendo del nivel y la duración de la exposición. Después de una sola exposición no se observan generalmente efectos sobre la salud, muchos de los efectos que se han observado en animales de laboratorio se han observado también en el ser humano, incluyendo efectos hematológicos, neurológicos y de comportamiento, renales, cardiovasculares y efectos sobre el aparato reproductor. Además, se ha demostrado que el plomo tiene efectos sobre el esqueleto y el sistema inmune en los animales de laboratorio. Los niños son más vulnerables a los efectos del plomo que los adultos. Se ha demostrado que el plomo está asociado con un funcionamiento deficiente del comportamiento neuronal. Desarrollo deficiente del comportamiento neuronal se consideraba el efecto más grave (FAO/OMS, 2007).

El plomo es uno de los cuatro metales que tienen un mayor efecto dañino sobre la salud humana. Este puede entrar en el cuerpo humano a través de la comida (65%), agua (20%) y aire (15%). Las comidas como frutas, vegetales, carnes, granos, mariscos, refrescos y vino pueden contener cantidades significantes de Plomo. El humo de los cigarrillos también contiene pequeñas cantidades de plomo. El plomo trastorna fundamentalmente los procesos bioquímicos de prácticamente todas las células y sistemas del organismo. Se une a las proteínas particularmente a aquellas de los grupos del sulfhidrilo, de tal manera que puede alterar su estructura y su función, o bien competir con otros metales en los sitios de enlace. Puesto que el plomo es químicamente similar al calcio, por lo que interfiere con diversos procesos dependientes de este (Matte, 2003).



El Plomo puede entrar en el agua potable a través de la corrosión de las tuberías. Esto es más común que ocurra cuando el agua es ligeramente ácida. Este es el porqué de los sistemas de tratamiento de aguas públicas son ahora requeridos llevar a cabo un ajuste de pH en agua que sirve para el uso del agua potable.

La intoxicación aguda por plomo se presenta acompañada de alteraciones digestivas, dolores epigástricos y abdominales, vómitos, alteraciones renales y hepáticas, convulsión y coma. En tanto que la intoxicación crónica puede involucrar, debilidad y dolor muscular, fatiga, cefalea, alteraciones del comportamiento, parestesias, aminoaciduria, hiperfosfaturia, glucosuria, nefritis crónica, encefalopatía, irritabilidad, temblor, alucinaciones con pérdida de memoria, cólicas, alteraciones hepáticas, entre otros. No obstante todo lo anterior, la intoxicación con plomo es prevenible.

El Plomo puede causar varios efectos no deseados, como son:

- Perturbación de la biosíntesis de hemoglobina y anemia por inhibición de enzimas, como la delta aminolevulínico deshidratasa a concentraciones entre 30 y 40  $\mu\text{g}/100\text{ ml}$  de sangre, en niños, aun cuando no se produzcan manifestaciones clínicas. Las intoxicaciones en adultos ocurre a concentraciones superiores a los 80  $\mu\text{g}/100\text{ ml}$  de sangre involucradas en la síntesis del grupo Hemo.
- Incremento de la presión sanguínea
- Daño a los riñones
- Abortos y abortos sutiles
- Perturbación del sistema nervioso
- Daño al cerebro
- Disminución de la fertilidad del hombre a través del daño en el esperma
- Disminución de las habilidades de aprendizaje de los niños
- Perturbación en el comportamiento de los niños, como es agresión, comportamiento impulsivo e hipersensibilidad.

El Plomo puede entrar en el feto a través de la placenta de la madre. Debido a esto puede causar serios daños al sistema nervioso y al cerebro de los niños por nacer. Para la biota, incluido el ser humano, el plomo es un elemento no esencial y potencialmente nocivo. Los contaminantes como los metales pesados (plomo, cadmio, arsénico y mercurio), pueden acumularse en el cuerpo mediante ingestión continua y durante un largo periodo de tiempo (Benford, 2000)

El CIIC clasificó los compuestos de plomo inorgánico como posiblemente carcinógenos para el ser humano (FAO/OMS, 2007).

Es por eso que de acuerdo a estos antecedentes, los objetivos planteados para esta investigación son los siguientes:

### **OBJETIVO GENERAL**

Determinar la concentración de metales pesados Arsénico, Cadmio y Plomo en la concha prieta (*Anadara Tuberculosa*) extraídos de la desembocadura del Río Pital.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Determinar por Espectrofotometría de Absorción Atómica la concentración de Arsénico, Cadmio y Plomo en conchas prietas.

Analizar los resultados de la concentración de metales pesados en conchas prietas tomando como referencia el Reglamento UE 2015/704 de la comisión de 30 de abril de 2015.

Analizar mediante análisis estadístico los resultados de la concentración de metales pesados.

## CAPÍTULO 1

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 1.1 Área de estudio

Este estudio fue llevado a cabo en la parroquia Puerto Jeli ( $3^{\circ}24,50.0''\text{S}$   $79^{\circ}59,42.0''\text{W}$ ) a 6 kilómetros de la ciudad de Santa Rosa y el lugar de donde se tomaron las muestras responde a las coordenadas  $3^{\circ}24,09.6''\text{S}$   $80^{\circ}00,33.9''\text{W}$ , a 1,64 Km de distancia en línea recta desde la parte más sobresaliente del muelle. Es una zona altamente productiva de camarón en cautiverio, rodeado de manglares y donde desemboca el Río Pital formado por tres ríos a su vez, rodeada de manglares y piscinas camaroneras. La toma de las muestras se las realizó en el mes de Noviembre considerado mes seco por la falta de lluvias, el sitio de donde se extrajeron las muestras está siendo constantemente influenciada por las altas y bajas de marea y la permanencia de manglar.

El estero Santa Rosa presenta una fuerte contaminación de los sedimentos superficiales por metales pesados como plomo, cobre, cadmio, níquel y mercurio. El establecimiento de un muestreo constante de los organismos que habitan se revela como una necesidad debido a la actividad pesquera, siembra de conchas y la acuicultura que se desarrolla ampliamente (Senior, W. 2014).

Al ser la parroquia Puerto Jeli parte del estero de Santa Rosa, se asume ante lo antes citado que también están contaminados sus sedimentos de donde se extraen las conchas prietas para su posterior comercialización y consumo.

#### 1.2 Recolección y preparación de muestras

El molusco bivalvo a analizar es la conocida concha prieta (*Anadara Tuberculosa*), que es de la que comúnmente se preparan los distintos platos en gastronomía sobre todo ceviche, la fuente de este molusco está en los manglares de todo el Archipiélago de Jambeli, la recolección de las muestras se las realizó en marea baja. Los moluscos, fueron tomados de manera manual con ayuda de material para su extracción del sedimento, las mismas que fueron lavadas para eliminar el lodo evitando así una contaminación cruzada. Se recolectaron 30 muestras de distintos tamaños como se observa en la Tabla N°3, a las muestras se las abrió con ayuda de un cuchillo, se le extrajo el tejido blando de sus valvas (conchas) y se las depositó en fundas ziploc (fundas de sellado hermético) para ser congeladas, y posteriormente ser llevadas al laboratorio de Análisis Químico de la Universidad del Azuay.

Para el análisis de determinación de metales pesados en el espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito, se utilizó el procedimiento interno del laboratorio de Química, el mismo que a su vez está basado en el método descrito en la AA- Perkin Elmer guide to all "Analytical Methods Atomic Absorption Spectroscopy". El equipo utilizado fue el A. Perkin Elmer 3300 espectrofotómetro AA con horno de grafito HGA – 600.

### **1.3 Fundamento de la espectrofotometría por absorción atómica con horno de grafito**

La Espectrofotometría de absorción atómica (AAS) se ha convertido en un método de rutina para la determinación de muchos elementos traza en una variedad de matrices de muestras, tiene como fundamento la absorción de radiación de una longitud de onda determinada, es decir los electrones de los átomos en el atomizador pueden ser promovidos a orbitales más altos por un instante mediante la absorción de una cantidad de energía (es decir, luz de una determinada longitud de onda). Esta cantidad de energía (o longitud de onda) se refiere específicamente a una transición de electrones en un elemento particular, y en general, cada longitud de onda corresponde a un solo elemento.

En la espectrofotometría de absorción atómica, la muestra es vaporizada mediante un proceso a alta temperatura. A este proceso se le conoce con el nombre de atomización y son principalmente de tres tipos: con llama, electrotérmica y con plasma.

Cuando se trabaja con concentraciones de metales muy bajas se utiliza la atomización electrotérmica, también conocida como horno de grafito. En cambio, cuando las concentraciones son más elevadas y no se requiere tanta sensibilidad suele utilizarse la atomización con llama.

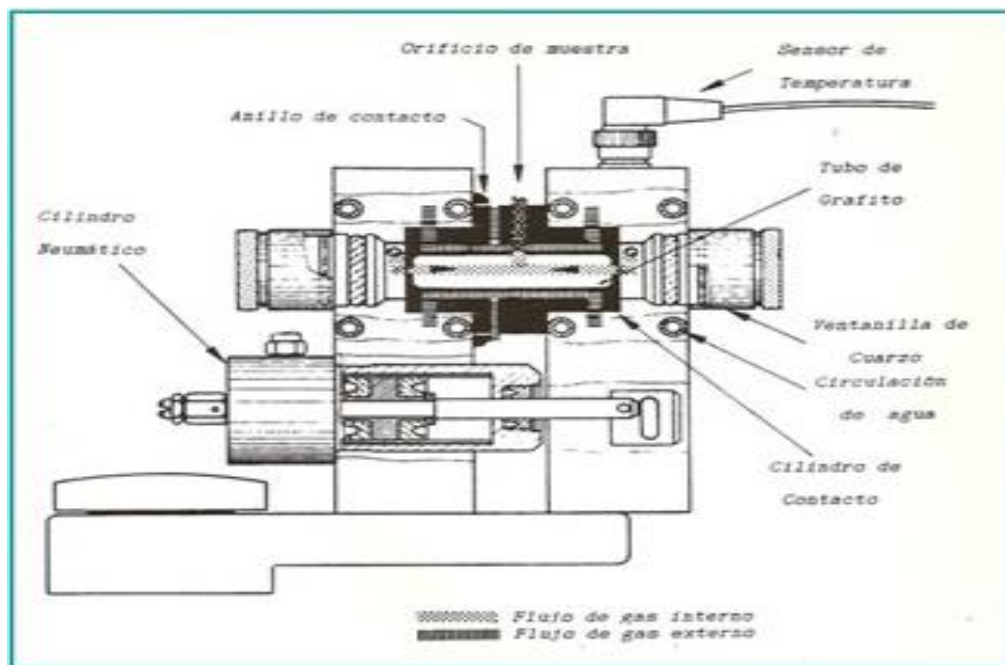
La técnica de atomización seleccionada para este estudio es la atomización electrotérmica u horno de grafito, en la que requiere muy poco volumen de muestra en sí y tiene un límite de cuantificación de dos a tres órdenes de magnitud menor a la absorción de llama; esta técnica utiliza el calentamiento por resistencia, obteniéndose de esta forma una mejora en la sensibilidad del análisis respecto a la atomización por llama. Un atomizador electrotérmico típico está formado por un tubo cilíndrico de grafito de 1-3 cm de longitud y 3-8 mm de diámetro. La atomización se realiza en tres fases

1. En la primera, la muestra se seca usando una corriente que eleva la temperatura del tubo de grafito hasta unos 110°C, quedando un residuo sólido.
2. En la segunda fase, la temperatura aumenta hasta 1200°C de forma que todo el material orgánico que pueda existir en la muestra se convierte en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O y los materiales inorgánicos volátiles se evaporan.

3. En la fase final, los metales de la muestra se atomizan por un rápido aumento de la temperatura a 2000-3000°C, el haz de luz que atraviesa el cilindro, es absorbido parcialmente por el metal volatilizado y se cuantifica por la curva de calibración; debido a que la señal generada es muy rápida, debe ser procesada de tal forma, es por esta rapidez del instrumento que no hay distorsión de la señal.

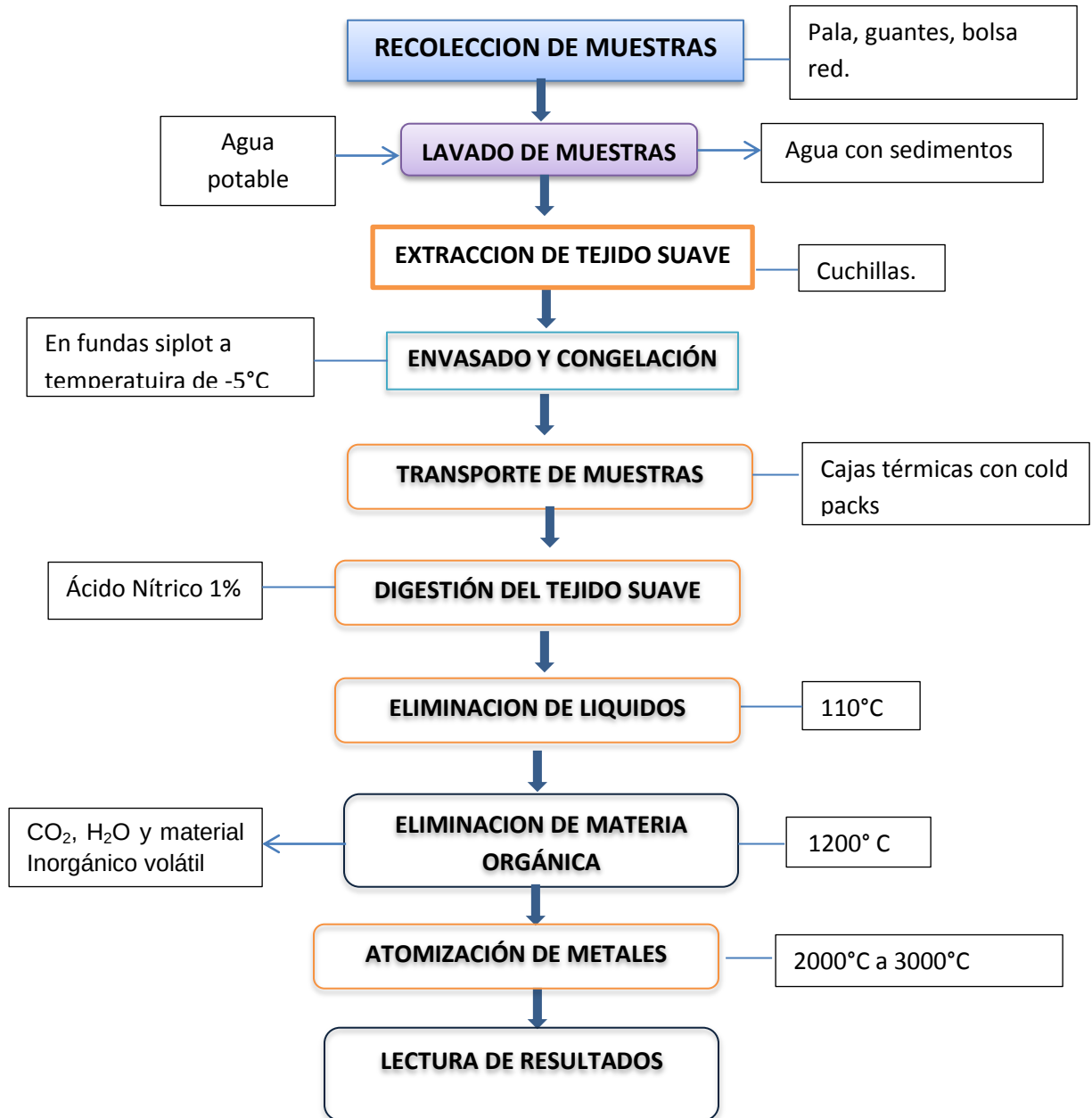
Los recientes avances en computación y electrónica han permitido que sea posible medir y tener una lectura en una pantalla de: Absorbancia (altura del pico), Absorbancia–Segundos (área del pico) o concentración (Váscone, M. 2012).

**Figura N° 3 Sistema de obtención de átomos en estado fundamental en EAA con horno de grafito.**



Fuente: <http://www.ugr.es/~fgil/proyecto/grafito/fundamento3.html>

#### 1.4 Diagrama de flujo en el Análisis de Determinación de metales pesados en conchas prietas.



## CAPÍTULO 2

### RESULTADOS

Las muestras analizadas tuvieron un tamaño máximo de 7,20 cm de largo por 6,50 cm de ancho, un tamaño mínimo de 4,70 cm de largo por 3,30 cm de ancho y un tamaño promedio de 6,13 cm de largo por 4,65 cm de ancho, de acuerdo a esto se clasificó a las muestras en cuatro tamaños según su rango de medida, tal como puede observarse en la tabla 3 que a continuación se detalla.

**Tabla N° 3 Tamaño de las Muestras (*Anadara tuberculosa*) analizadas.**

| TAMAÑO DE LAS MUESTRAS |               |               |
|------------------------|---------------|---------------|
| TAMAÑOS                | LARGO<br>(cm) | ANCHO<br>(cm) |
| Tamaño 1               | 4,70 – 4,90   | 3,30 – 3,50   |
| Tamaño 2               | 5,00 – 5,60   | 3,60 – 3,90   |
| Tamaño 3               | 6,00 - 6,98   | 4,20 - 5,72   |
| Tamaño 4               | 7,20          | 6,50          |

**Fuente.** Autor

Como puede observarse en la tabla 3 aquellas muestras de tamaño 1 son aquellas conchas prietas cuyo tamaño están de entre 4,70 cm a 4,90 cm de largo por 3,30 cm a 3,50 cm de ancho respectivamente (C-10, C-24, C-25). Las muestras de tamaño 2 son aquellas que están en el orden de 5,00 cm a 5,60cm de largo por 3,60 cm a 3,90 cm de ancho (C-01, C-08, C-11, C-15, C-21, C-23,). Las de tamaño 3 tuvieron una medida de 6,00 cm a 6,98 cm de largo por 4,20 cm a 5,72 cm de ancho respectivamente (C-02, C-03, C-04, C-05, C-06, C-07, C-09, C-12, C-13, C-14, C-16, C-17, C-18, C-19, C-20, C-22, C-27, C-28 C-29, C-30) y la de tamaño 4 que fue una muestra analizada tuvo una medida de 7,20 cm de largo por 6,50 de ancho (C-26)

#### 2.1 Resultados analíticos

En la tabla 4 se presentan los resultados obtenidos de las concentraciones de Arsénico, Cadmio y Plomo en las conchas prietas, dichas concentraciones se expresan en mg/Kg, los resultados expresados como <LD indican que las concentraciones encontradas fueron menores al límite de detección instrumental.

Tabla N° 4 Concentraciones de Arsénico, Cadmio y Plomo en conchas prietas (mg/Kg)

| Concentraciones de Arsénico, Cadmio y Plomo en las conchas prietas (mg/Kg)                           |          |        |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|-------|
| Muestras                                                                                             | Arsénico | Cadmio | Plomo |
| C-01                                                                                                 | <LD      | 0,262  | 0,153 |
| C-02                                                                                                 | <LD      | 0,293  | 0,131 |
| C-03                                                                                                 | <LD      | 0,383  | 0,146 |
| C-04                                                                                                 | <LD      | 0,331  | <LD   |
| C-05                                                                                                 | <LD      | 0,328  | 0,120 |
| C-06                                                                                                 | <LD      | 0,266  | 0,144 |
| C-07                                                                                                 | <LD      | 0,275  | <LD   |
| C-08                                                                                                 | <LD      | 0,255  | 0,063 |
| C-09                                                                                                 | <LD      | 0,286  | 0,169 |
| C-10                                                                                                 | <LD      | 0,205  | 0,107 |
| C-11                                                                                                 | <LD      | 0,240  | 0,131 |
| C-12                                                                                                 | <LD      | 0,298  | 0,169 |
| C-13                                                                                                 | <LD      | 0,304  | 0,067 |
| C-14                                                                                                 | <LD      | 0,270  | 0,173 |
| C-15                                                                                                 | <LD      | 0,256  | 0,121 |
| C-16                                                                                                 | <LD      | 0,324  | 0,187 |
| C-17                                                                                                 | <LD      | 0,321  | 0,096 |
| C-18                                                                                                 | <LD      | 0,315  | 0,112 |
| C-19                                                                                                 | <LD      | 0,279  | 0,078 |
| C-20                                                                                                 | <LD      | 0,284  | 0,098 |
| C-21                                                                                                 | <LD      | 0,233  | 0,075 |
| C-22                                                                                                 | <LD      | 0,307  | 0,073 |
| C-23                                                                                                 | <LD      | 0,243  | 0,151 |
| C-24                                                                                                 | <LD      | 0,192  | 0,160 |
| C-25                                                                                                 | <LD      | 0,210  | <LD   |
| C-26                                                                                                 | <LD      | 0,429  | <LD   |
| C-27                                                                                                 | <LD      | 0,270  | <LD   |
| C-28                                                                                                 | <LD      | 0,311  | <LD   |
| C-29                                                                                                 | <LD      | 0,275  | <LD   |
| C-30                                                                                                 | <LD      | 0,358  | <LD   |
| <LD * indica que las concentraciones encontradas fueron menores al límite de detección instrumental. |          |        |       |

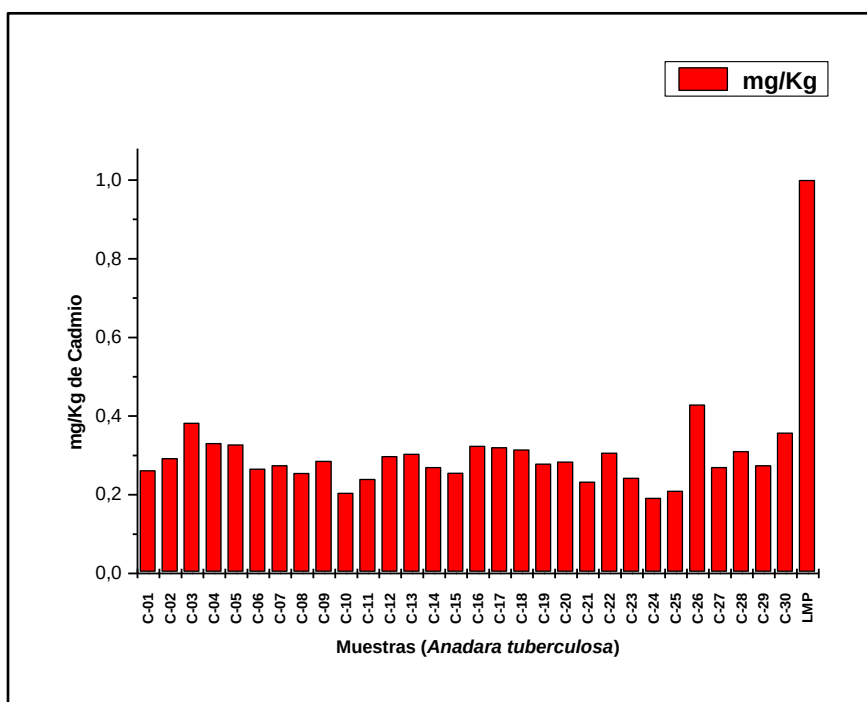
Fuente. Autor



### 2.1.1 Cadmio en conchas

La concentración promedio de cadmio en las conchas prietas de acuerdo a la información de la tabla 4 es de 0,286 mg/Kg en peso fresco, con un mínimo de 0,192 mg/Kg en peso fresco y un máximo de 0,429 mg/Kg en peso fresco, estos resultados indican que las conchas prietas tienen una concentración de cadmio por debajo de lo permitido en el Reglamento UE 2015/704 de la comisión de 30 de abril de 2015, que es de 1 mg/Kg, tal como puede observarse en el gráfico N°1.

**Gráfico N°1 Análisis del Contenido de Cadmio en concha prieta (*Anadara tuberculosa*)**

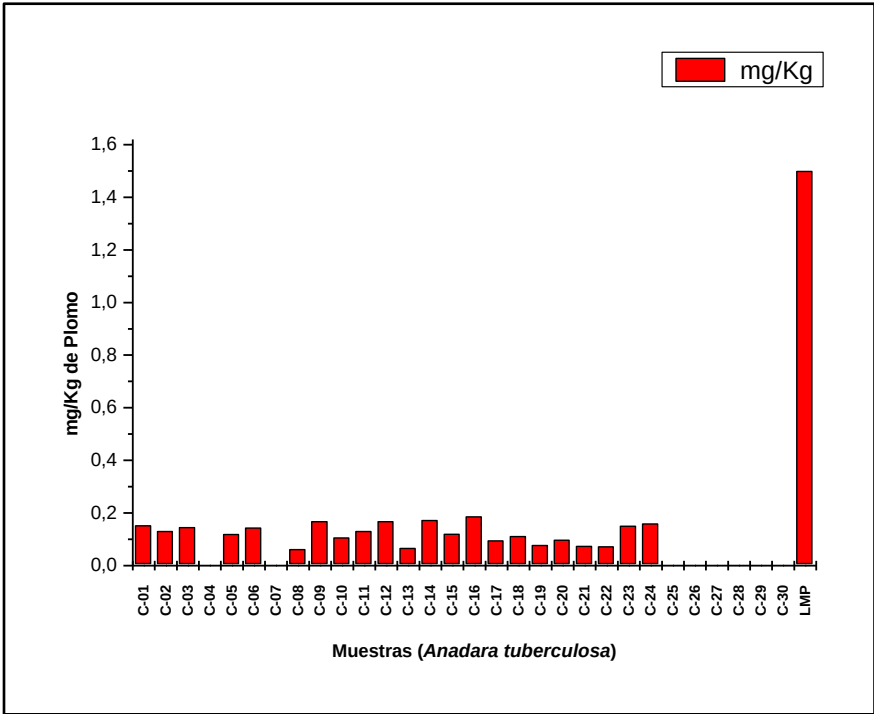


Fuente: Autor

### 2.1.2 Plomo en conchas

La concentración promedio de plomo en las conchas prietas de acuerdo a la tabla 4 es de 0,123 mg/Kg en peso fresco, con un mínimo de 0,063 mg/Kg en peso fresco y un máximo de 0,187 mg/Kg en peso fresco, concentración que está por debajo de lo permitido de acuerdo al reglamento de referencia, el mismo que indica que el máximo de plomo que debe estar presente en los moluscos bivalvos es de 1,5 mg/Kg, como puede observarse en el gráfico N°2.

Grafico N° 2 Análisis del Contenido de Plomo en concha prieta (*Anadara tuberculosa*)



Fuente: Autor

2.1.3 Arsénico en conchas

De acuerdo a los resultados obtenidos, las concentraciones de arsénico en las conchas prietas fueron menores al límite de detección instrumental y aún más del que permite el Reglamento UE 2015/704 de la comisión de 30 de abril de 2015.

2.2 Análisis estadísticos

Tabla N° 5 Valores de Media, Desviación estándar y Error Estándar de las muestras analizadas.

| Fuente              | Media   | Desviación Estándar | Error Estándar | Sumatoria Total | Número De Muestras                 |
|---------------------|---------|---------------------|----------------|-----------------|------------------------------------|
| Cadmio muestras(30) | 0,28677 | 0,05102             | 0,00932        | 8,603           | 30                                 |
| Plomo muestras (30) | 0,12382 | 0,03797             | 0,00809        | 2,724           | 22 detectables<br>8 no detectables |

Fuente: Autor

Se realizó un análisis estadístico simple utilizando el programa Origin donde se obtuvieron la media de las concentraciones de metales trazas, la desviación estándar y el error estándar como se observa en la tabla 5, tanto para Cadmio como para Plomo, no así para el Arsénico.

Los resultados de la desviación estándar para cadmio indican que existe un 41,2116 % de diferencias en el contenido de cadmio entre las muestras esto debido a que estas fueron de distintas tallas, y es conocido que los bivalvos tienden a acumular más metales trazas mientras más están expuestos a estos. Por otro lado la desviación estándar para plomo indica que existe un 29,8869 % de diferencias en el contenido de plomo entre las muestras por las razones antes escritas

## CAPÍTULO 3

### DISCUSIÓN

#### 3.1 Aspectos ambientales

El área de estudio y todos sus alrededores es un área donde existe una gran actividad acuícola, pesquera, camaronera y actividad humana (aguas servidas), actividades agrícolas, ganaderas y mineras que se las puede encontrar aguas arriba de los tres ríos que conforman el Río Pital, esta área de estudio (desembocadura del Río Pital) es la parte sur del estero Santa Rosa donde estudios recientes encontraron que en los sedimentos las concentraciones de plomo variaron entre 11,33 mg/Kg y 28,55 mg/Kg con un valor promedio de 18,66 mg/Kg, lo cual sugiere un ecosistema contaminado por este metal, además las concentraciones de plomo biodisponible estuvieron comprendidas entre 2.09 mg/kg y 16.55 mg/kg, con un valor promedio de 6.41 mg/kg, de estos resultados se desprende que alrededor del 30% del Pb total está en los sedimentos superficiales del estero Santa Rosa. Así mismo las concentraciones de cadmio en los sedimentos superficiales del mismo estero estuvo entre 1,08 mg/Kg y 1,63 mg/Kg con un valor promedio de 1,28 mg/Kg, y las concentraciones de cadmio biodisponible estuvieron comprendidas entre 0.18 mg/kg, con un valor promedio de 0.62 mg/kg, alrededor del 30% del Cd total se encuentra biodisponibles en los sedimentos del estero para los organismos que habitan en el mismo (Senior, W. 2014).

Por otro lado la concentración promedio de As en los moluscos de la especie *A. tuberculosa* extraídas del estero Huaylá (Puerto Bolivar) al norte del estero Santa Rosa, fue de 1,548 mg.kg<sup>-1</sup>, el Cd se encontró concentrado entre 1,38 y 2,05 mg.kg<sup>-1</sup> y las concentraciones promedio encontradas de plomo, fueron de 7,52 mg/Kg (Ayala J, 2015).

Sin embargo pese a lo antes escrito y de acuerdo a los resultados obtenidos las conchas prietas analizadas presentan una concentración de arsénico, cadmio y plomo por debajo de la norma de referencia, a pesar de ser el área de estudio parte del estero Santa Rosa, esto puede deberse a que en la desembocadura del Río Pital el aporte antropogénico es bastante menor en comparación con el aporte antropogénico de zonas como las antes citadas, también a pesar del alto contenido de metales pesados y su basta distribución del estero Santa Rosa no se han observado evidencias que reflejen alteraciones en la comunidad vegetal ni en otros organismos, aunque no se descarta que pudieran existir algunos ecotipos vegetales originados por procesos selectivos capaces de soportar estas altas concentraciones (Senior, W. 2014).

Para confirmar estos resultados del grado de polución del área de estudio sería importante que se realicen estudios de determinaciones de metales trazas en sedimentos y agua así como de otras especies como cangrejos, jaibas y peces además de los árboles de mangle, del área de estudio seleccionada para esta investigación, porque existe una diferencia en la capacidad de acumular metales trazas de los organismos bioacumuladores, y se ha demostrado también que la acumulación de los metales en los moluscos depende, además del nivel de los elementos en el ambiente que los rodea, de otros factores como: el tamaño, la edad, sexo, capacidad para adquirir alimentos (Saavedra, *et. al.*, 2004), las concentraciones de cadmio en las conchas fueron comparativamente más altas que las de plomo esto debido a que el cadmio de valencia 2 compite con el calcio en ciertos sistemas biológicos.

### **3.2 Impacto en la salud de los consumidores**

Es muy conocida la toxicidad de los metales pesados y su influencia directa en la aparición de enfermedades catastróficas en el ser humano por consumir alimentos cuyas concentraciones en metales pesados está por encima de lo permitido por las normas, de ahí la necesidad de que el hombre mantenga los niveles de estos elementos a un nivel aceptable toxicológicamente ablando. Desafortunadamente en nuestro país no existe normas acerca del contenido máximo aceptable que deben tener los moluscos bivalvos (*Anadara tuberculosa*), por lo que para esta investigación se tomó el Reglamento UE 2015/704 de la comisión de 30 de abril de 2015, la misma que establece 1 mg/Kg de peso fresco de Cadmio, 1,5 mg/Kg de peso fresco de Plomo, y para Arsénico 1 mg/Kg. De acuerdo a este reglamento los contenidos de, Cadmio y Plomo estuvieron por debajo de los valores máximos permitidos, por lo que las personas no están expuestas a un riesgo por metales pesados por consumir este tipo de alimentos, el contenido de Arsénico mucho menos representa un riesgo puesto que estuvo por debajo del Límite de Detección Instrumental.

Los resultados obtenidos sugieren que *Anadara Tuberculosa* tiene una gran afinidad por captar y acumular metales pesados en sus tejidos, comprobándose una vez más que este tipo de seres vivos siguen siendo un indicativo para saber cuan contaminado está un ecosistema.

## CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos, de las 30 muestras analizadas, el 73,33% de las muestras contienen plomo en una cantidad mínima de 0,063 mg/Kg, un máximo de 0,187 mg/Kg y un promedio de 0,123 mg/Kg; el 26,66% de las muestras tuvieron plomo en una cantidad inferior al límite de detección instrumental. En lo que tiene que ver con el cadmio el 100% de las muestras tuvieron cadmio en una cantidad mínima de 0,192 mg/Kg, un máximo de 0,429 mg/Kg y un promedio de 0,286 mg/Kg, en el caso del arsénico su concentración fue inferior al límite de detección instrumental. Las concentraciones de estos tres metales están por debajo de lo permitido en el reglamento referencial, Reglamento UE 2015/704 de la comisión de 30 de abril de 2015

Ahora bien a pesar de que el contenido de metales pesados en los moluscos analizados estuvieron por debajo de lo permitido por el reglamento de referencia, el consumo de este tipo de alimentos debe ser moderado puesto que el peligro de este tipo de contaminantes radica en la acumulación en el organismo humano, el cuidado del medio ambiente y una responsabilidad ambiental de los pobladores al margen de los ríos y costas es lo que minimizaría el riesgo de que las concentraciones de estos metales trazas en lo moluscos se incrementen con el tiempo.

Las conchas prietas que tuvieron un mayor contenido de metales pesados son aquellas cuyo tamaño era mayor, es decir a mayor tamaño de las muestras la concentración tiende a ser mayor, esto responde al hecho de que este tipo de moluscos son sedentarios. Ante esto sería bueno que se realicen investigaciones para determinar el contenido de metales pesados en conchas prietas según su tamaño para confirmar los resultados aquí obtenidos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayala J, (2015). Determinación de metales pesados en moluscos bivalvos (*Anadara tuberculosa* y *A. similis*) del estero Huaylá de Puerto Bolívar, por espectrofotometría de absorción atómica. Universidad Técnica de Machala
- Benford, D. (2000). The Acceptable Daily Intake (IDA). International Life Sciences Institute (ILSI). 38 p.
- Blasco, J., Sáenz, V., Arias, A.M., Gonzales- Pascual, R., Campana, O., Ransome, T., Moreno-Garrido, I. & Hampel, M. (2003). Efecto del accidente minero sobre los organismos residentes en el estuario del Guadalquivir y en las zonas de la plataforma próxima a la desembocadura. En: J. Forja y A. Gómez-Parra (eds.), Contaminación por 65 Metales Pesados del Estuario de Guadalquivir. Servicio Publicaciones Universidad de Cádiz, España, pp. 165-203.
- Cabanilla, C. (2010). Comercialización de la concha prieta (*Anadara tuberculosa* y *A. similis*) en los principales puertos de la costa ecuatoriana. Instituto Nacional de Pesca. Boletín Científico y Técnico. Disponible en:  
<http://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/4796/4.%20COMERCIALIZACI%C3%93N%20DE%20LA%20CONCHA%20PRIETA-C.%20Cabanilla.pdf?sequence=1>
- Castañe, P.M., Topalian ML., Cordero R., & Saibán, A.(2003). Influencia de la especiación de los metales pesados en medio acuático como determinante de su toxicidad. Rev Toxicol 20:13-18. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/919/91920103.pdf>
- EFSA (European Food Safety Authority). Scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain on a request from the European Commission on cadmium in food. EFSA J. 2009;980:1-139. Disponible en:  
[http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/scientific\\_output/files/main\\_documents/980.pdf](http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/scientific_output/files/main_documents/980.pdf)
- Fant, ML., Nyman, M., Helle, E., & Rudback, E.(2001). Mercury, Cadmium, lead and Selenium in ringed seals (*Phoca hispida*) from the Baltic sea from Svalbard. Environ. Pollut. 111:493-501
- Kimbrough K. L., W.E. Johnson, G.G. Lauenstein, J.D. Christensen & D.A. Apeti. (2008). An Assessment of two decades of contaminants monitoring in the nation's coastal zone. Silver Spring, MD. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 74. 105 pp

LITTER, M., ARMIENTA, M. & FARIAS, S (eds). 2009. Metodologías analíticas para la determinación y especiación de arsénico en aguas y suelos. Argentina. CYTED. 242p. disponible en: [http://paginas.fe.up.pt/~cigar/html/documents/Monografia2\\_000.pdf](http://paginas.fe.up.pt/~cigar/html/documents/Monografia2_000.pdf)

López, F.(2002). Determinación del contenido de metales en los sedimentos superficiales de la Laguna de Píritu, Estado Anzoátegui, Venezuela. Trab. Grad. M.Sc. Ciencias Marinas. Universidad de Oriente, Cumana, Venezuela. 109 pp.

Lovley, D.R., (2000) (ed.). Environmental Microbe-Metal Interactions, American Society for Microbiology, Washington D.C.

Mackenzie, C. L. ( 2001) "The fisheries for man grave cockles, *Anadara* spp., from Mexico to Peru, with descriptions of their habitats and biology, the fishermen's lives, and the effects of shrimp farming". Marine Fisheries Review. Vol 63, núm. 1, p. 1-39.

Mandal, B. y Suzuki, K. 2002. Arsenic round the World: a review. Talanta 58: 201- 235.

Martínez – Tabche L., Gomez – Olivan L., Martinez, M. Castillo C. & Santiago, A. (2000). Toxicity of nickel in artificial sediment on acetylcholinesterase activity and hemoglobin concentration of the aquatic flea, *Moina macrocopa*. Journal of Environmental Hydrology 8(4):1-10.

Matte, T. (2003). Efectos del plomo en la salud de la niñez. *Salud pública México*. 45(2),220-224.

Mero, M. ( 2010). Determinación de metales pesados (Cd y Pb) en Moluscos Bivalvos de interés comercial de cuatro esteros del golfo de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales , Universidad de Guayaquil. Disponible en:  
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/776/1/Determinaci%C3%B3n%20de%20metales%20pesados%20en%20moluscos%20bivalvos%20de%20inter%C3%A9s%20comercial%20de.pdf>

Mora, E. & Moreno, J.(2004) "La pesquería del recurso concha (*Anadara tuberculosa* y *A. similis*) en la costa ecuatoriana durante el 2004". Boletín Científico y Técnico. 2009, vol 20, núm. 1, p. 1-16. Disponible en:  
[http://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/4795/3.%20LA%20PESQUERIA%20DE%20LA%20CONCHA%20PRIETA%20%20E.%20Mora\\_2010%20\\_1\\_.pdf?sequence=1](http://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/4795/3.%20LA%20PESQUERIA%20DE%20LA%20CONCHA%20PRIETA%20%20E.%20Mora_2010%20_1_.pdf?sequence=1)

Moreno, M. (2003), Toxicología Ambiental "Evaluación de riesgos para la salud humana", McGraw-Hill/Interamericana de España. Madrid - España.



Olavarria, Y. (2007). Determinación de trazas de Cadmio en Cholga (*Aulocomya ater*), Chorito (*Mytilus chilensis*) y ostra chilena (*Ostraea chilensis*) en la zona de Chiloé (Hueihue). Universidad Austral de Chile. Disponible en:

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fco.42d/doc/fco.42d.pdf>

Polo, M. (2009). Análisis de la concentración de arsénico en tres alimentos: papas (*Solanum tuberosum*), zanahoria (*Daucus carota*) y leche cruda producidos en las zonas afectadas por el volcán Tungurahua (Mocha-Quero). Tesis Bioq. Farmacéutico. Riobamba. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias. 133p. Disponible en:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/202/1/56T00174.pdf>

Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias comité del CODEX sobre contaminantes de los alimentos (2007). 1ª Reunión Beijing (China). Disponible en:

[ftp://ftp.fao.org/codex/Meetings/CCCCF/cccf1/cf01\\_06s.pdf](ftp://ftp.fao.org/codex/Meetings/CCCCF/cccf1/cf01_06s.pdf)

Ramírez, A. (2002) Toxicología del cadmio conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. Anales de la Facultad de Medicina. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Disponible en:

[http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/anales/v63\\_n1/toxicologia.htm](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/anales/v63_n1/toxicologia.htm)

Rosas, H. (2001). Estudio de la Contaminación por Metales Pesados en la Cuenca del Llobregat. Tesis Doctoral. Instituto de Ingeniería minera y Recursos Naturales. Universidad Politécnica de Catalunya.

Saavedra Y., González A., Fernandez P., & Blanco J. (2004) The effect of size on trace metal concentrations in raft cultivated mussels (*Mytilus galloprovincialis*). Science Total Environment 318: 115-124.

Salamanca, M., & Jara, B. (2003). Distribución y acumulación del plomo (Pb y <sup>210</sup>Pb) en sedimentos de los Fiordos de la XI región. Chile. Cienc. Tecnol. Mar 26(2):61-71. Disponible en: <http://www.cona.cl/ctmol2/vol26-2/Salamanca/Salamanca.pdf>

Schinitman, N. (2004) Contaminación. Metales Pesados, Ambiente y Salud. Disponible en [http://www.ecoportal.net/TemasEspeciales/Contaminacion/Metales\\_Pesados\\_Ambiente\\_y\\_Salud](http://www.ecoportal.net/TemasEspeciales/Contaminacion/Metales_Pesados_Ambiente_y_Salud)

Seki, T. & Hirano, Y. (2002). On line preconcentration and determination of traces of Lead in River- water and Seawater by Flow injection-Flame Atomic Absorption Spectrometry and

ICP-Mass Spectrometry. *Analytical Sciences* 18:351-354. Disponible en: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/analsci/18/3/18\\_3\\_351/pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/analsci/18/3/18_3_351/pdf)

Senior, W., Valarezo, C., Sánchez, O., Jacome, N., Tobar, J., Collaguazo, A., Hernández, D., Rodríguez, G., Benítez, A., Fermin I., De La Cruz R., & Marquez, A. (2014). Evaluación de la distribución del contenido total de metales pesados, Cu, Cd, Pb y Hg en sedimentos superficiales del estero Santa Rosa- El Oro – Ecuador. Disponible en: <http://www.utmachala.edu.ec/archivos/Rendicion%20Cuentas%20Prometeos/2014/William%20Senior.pdf>

SORIANO, C. (2009). Utilidad del ensayo de linfoma de ratón en la determinación de los mecanismos de genotoxicidad del arsénico. Espectro mutacional del trióxido de arsénico. Memoria de título Dra. en Genética. Bellaterra. Universidad Autónoma de Barcelona, Departamento de Genética y Microbiología. 183p. Disponible en: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/3926/cst1de1.pdf?sequence=1>

Soto, Pàez, M. & Ruiz, A. (2003). Evidencias geoquímicas de la alteración antropogénica de la composición de trazas de metales de los sedimentos de Chiricahueto pantano (Golfo de California). *Environ. Contami.* 125: 423-432.

Tchounwou, P.; Centeno, J. & Patlolla, A. (2004). Arsenic toxicity, mutagenesis and carcinogenesis – a health risk assessment and management approach. *Mol. Cell. Biochem.*, 255: 47-55.

Thomas G. Spiro, William M. Stigliani 2006 “Química medioambiental” 2ª edición . 438-458p.

Vásconez, M. (2012). VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA ELECTROTERMICA PARA LA DETERMINACIÓN DE COBRE Y VANADIO EN AGUAS LIMPIAS Y RESIDUALES. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR. FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS. CARRERA DE QUÍMICA DE ALIMENTOS. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1198/1/T-UCE-0008-05.pdf>

Viarengo, A., Lowe, D., Bolognesi C., Fabbri, E., & Koehler, A., (2007). The use of biomarkers in biomonitoring: A 2-tier approach assessing the level of pollutant-induced stress syndrome in sentinel organisms. *Comp. Biochem. Physiol. C* 146, 281–300.

Walker, C.H., Hopkin, S.P., Sibly R.M. & Peakal, D.B. (2006). *Principles of Ecotoxicology*, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton. 315 pp.

Zukowska, J. y Biziuk, M. (2008). Methodological Evaluation of Method for Dietary Heavy Metal Intake. Journal of food science. 73: 21-29 Universidad Autónoma de Barcelona, Departamento de Genética y Microbiología. 321p.

Principales fuentes de emisión de, arsénico, cadmio y plomo. Disponible en: <http://www.inecc.gob.mx/sqre-temas/763-aqre-metales>

Mapamundi de distribución geográfica de *Anadara tuberculosa*. Disponible en: [http://www.aularagon.org/files/espa/atlas/mundi\\_indice.htm](http://www.aularagon.org/files/espa/atlas/mundi_indice.htm)

Metales pesados según su número atómico. Disponible en: [http://www.ecoportal.net/TemasEspeciales/Contaminacion/Metales\\_Pesados\\_Ambiente\\_y\\_Salud](http://www.ecoportal.net/TemasEspeciales/Contaminacion/Metales_Pesados_Ambiente_y_Salud)

# ANEXOS

**ANEXO N° 1**

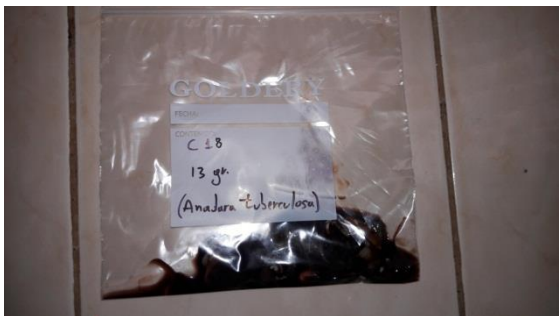
**TOMA DE MUESTRAS, CLASIFICACION Y MEDIDA DE CONCHAS PRIETAS**

**ANALIZADAS**



## ANEXO N° 2

### EXTRACCIÓN, ENVASADO Y CONGELACION DEL TEJIDO SUAVE DE LAS MUESTRAS



**ANEXO N° 3**

**RESULTADOS ANALITICOS DE LAS MUESTRAS ANALISADAS EN EL LABORATORIO  
DE ANALISIS QUIMICOS DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY.**



## **REPORTE DE RESULTADOS** **QUÍMICOS**

Código: SGCUDAL-F-004  
 Versión: 3  
 Fecha: 2014/06/10

|                                    |                                 |                                              |
|------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------|
| ORDEN No.: n/a                     | FECHA RECEPCIÓN: Noviembre 2015 | FECHA DE ENTREGA: 21 Diciembre 2015          |
| CODIGO LAB: n/a                    | CLIENTE: Darwin Siguenza        | DIRECCIÓN: Pasaje                            |
| RUC/CEDULA:                        | MUESTRA: concha prieta          | CANTIDAD: 30                                 |
| CONDICION DE LA MUESTRA: congelada | MUESTREADO POR: cliente         | ANALISIS SOLICITADO: Cadmio, plomo, arsénico |

### IDENTIFICACION DE LA (S) MUESTRA(S):

|      |      |
|------|------|
| C-01 | C-01 |
| C-02 | C-02 |
| C-03 | C-03 |
| C-04 | C-04 |
| C-05 | C-05 |
| C-06 | C-06 |
| C-07 | C-07 |
| C-08 | C-08 |
| C-09 | C-09 |
| C-10 | C-10 |
| C-11 | C-11 |
| C-12 | C-12 |
| C-13 | C-13 |
| C-14 | C-14 |
| C-15 | C-15 |
| C-16 | C-16 |
| C-17 | C-17 |
| C-18 | C-18 |
| C-19 | C-19 |
| C-20 | C-20 |
| C-21 | C-21 |
| C-22 | C-22 |
| C-23 | C-23 |
| C-24 | C-24 |
| C-25 | C-25 |
| C-26 | C-26 |
| C-27 | C-27 |
| C-28 | C-28 |
| C-29 | C-29 |
| C-30 | C-30 |

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de UDA LABORATORIOS.  
 El laboratorio mantendrá la confidencialidad de los resultados.







## REPORTE DE RESULTADOS QUÍMICOS

Código: SGCUDAL-F-004  
Versión: 3  
Fecha: 2014/06/10

### RESULTADOS

#### Muestra: C-01

| Análisis | Unidades | Método                                                    | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Cadmio   | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 262       | 2.10 ug/Litro        | N/A       |
| Plomo    | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 153       | 3.10 ug/Litro        | N/A       |
| Arsénico | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 2.25 ug/Litro        | N/A       |

#### Muestra: C-02

| Análisis | Unidades | Método                                                    | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Cadmio   | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 293       | 2.10 ug/Litro        | N/A       |
| Plomo    | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 131       | 3.10 ug/Litro        | N/A       |
| Arsénico | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 2.25 ug/Litro        | N/A       |

#### Muestra: C-03

| Análisis | Unidades | Método                                                    | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Cadmio   | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 383       | 2.10 ug/Litro        | N/A       |
| Plomo    | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 146       | 3.10 ug/Litro        | N/A       |
| Arsénico | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 2.25 ug/Litro        | N/A       |

#### Muestra: C-04

| Análisis | Unidades | Método                                                    | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Cadmio   | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 331       | 2.10 ug/Litro        | N/A       |
| Plomo    | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 3.10 ug/Litro        | N/A       |
| Arsénico | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 2.25 ug/Litro        | N/A       |



Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de UDA LABORATORIOS. El laboratorio mantendrá la confidencialidad de los resultados.





## REPORTE DE RESULTADOS QUÍMICOS

Código: SGCUDAL-F-004  
Versión: 3  
Fecha: 2014/06/10

### Muestra: C-05

| Análisis | Unidades | Método                                                    | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Cadmio   | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 328       | 2.10 ug/Litro        | N/A       |
| Plomo    | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 120       | 3.10 ug/Litro        | N/A       |
| Arsénico | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 2.25 ug/Litro        | N/A       |

### Muestra: C-06

| Análisis | Unidades | Método                                                    | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Cadmio   | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 266       | 2.10 ug/Litro        | N/A       |
| Plomo    | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 144       | 3.10 ug/Litro        | N/A       |
| Arsénico | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 2.25 ug/Litro        | N/A       |

### Muestra: C-07

| Análisis | Unidades | Método                                                    | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Cadmio   | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 275       | 2.10 ug/Litro        | N/A       |
| Plomo    | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 3.10 ug/Litro        | N/A       |
| Arsénico | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 2.25 ug/Litro        | N/A       |

### Muestra: C-08

| Análisis | Unidades | Método                                                    | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Cadmio   | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 255       | 2.10 ug/Litro        | N/A       |
| Plomo    | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 63        | 3.10 ug/Litro        | N/A       |
| Arsénico | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 2.25 ug/Litro        | N/A       |



Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de UDA LABORATORIOS.  
El laboratorio mantendrá la confidencialidad de los resultados.





## REPORTE DE RESULTADOS QUÍMICOS

Código: SGCUDAL-F-004  
Versión: 3  
Fecha: 2014/06/10

### Muestra: C-09

| Análisis | Unidades | Método                                                    | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Cadmio   | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 286       | 2.10 ug/Litro        | N/A       |
| Plomo    | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 169       | 3.10 ug/Litro        | N/A       |
| Arsénico | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 2.25 ug/Litro        | N/A       |

### Muestra: C-10

| Análisis | Unidades | Método                                                    | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Cadmio   | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 205       | 2.10 ug/Litro        | N/A       |
| Plomo    | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 107       | 3.10 ug/Litro        | N/A       |
| Arsénico | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 2.25 ug/Litro        | N/A       |

### Muestra: C-11

| Análisis | Unidades | Método                                                    | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Cadmio   | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 240       | 2.10 ug/Litro        | N/A       |
| Plomo    | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 131       | 3.10 ug/Litro        | N/A       |
| Arsénico | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 2.25 ug/Litro        | N/A       |

### Muestra: C-12

| Análisis | Unidades | Método                                                    | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Cadmio   | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 298       | 2.10 ug/Litro        | N/A       |
| Plomo    | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 169       | 3.10 ug/Litro        | N/A       |
| Arsénico | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 2.25 ug/Litro        | N/A       |



Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de UDA LABORATORIOS. El laboratorio mantendrá la confidencialidad de los resultados.





## REPORTE DE RESULTADOS QUÍMICOS

Código: SGCUDAL-F-004  
Versión: 3  
Fecha: 2014/06/10

### Muestra: C-13

| Análisis | Unidades | Método                                                    | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Cadmio   | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 304       | 2.10 ug/Litro        | N/A       |
| Plomo    | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 67        | 3.10 ug/Litro        | N/A       |
| Arsénico | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 2.25 ug/Litro        | N/A       |

### Muestra: C-14

| Análisis | Unidades | Método                                                    | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Cadmio   | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 270       | 2.10 ug/Litro        | N/A       |
| Plomo    | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 173       | 3.10 ug/Litro        | N/A       |
| Arsénico | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 2.25 ug/Litro        | N/A       |

### Muestra: C-15

| Análisis | Unidades | Método                                                    | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Cadmio   | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 256       | 2.10 ug/Litro        | N/A       |
| Plomo    | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 121       | 3.10 ug/Litro        | N/A       |
| Arsénico | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 2.25 ug/Litro        | N/A       |

### Muestra: C-16

| Análisis | Unidades | Método                                                    | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Cadmio   | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 324       | 2.10 ug/Litro        | N/A       |
| Plomo    | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 187       | 3.10 ug/Litro        | N/A       |
| Arsénico | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 2.25 ug/Litro        | N/A       |

### Muestra: C-17

| Análisis | Unidades | Método                                                    | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Cadmio   | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 321       | 2.10 ug/Litro        | N/A       |

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de UDA LABORATORIOS.  
El laboratorio mantendrá la confidencialidad de los resultados.







## REPORTE DE RESULTADOS QUÍMICOS

Código: SGCUDAL-F-004  
Versión: 3  
Fecha: 2014/06/10

|          |          |                                                           |      |               |     |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------|------|---------------|-----|
| Plomo    | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 96   | 3.10 ug/Litro | N/A |
| Arsénico | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD | 2.25 ug/Litro | N/A |

### Muestra: C-18

| Análisis | Unidades | Método                                                    | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Cadmio   | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 315       | 2.10 ug/Litro        | N/A       |
| Plomo    | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 112       | 3.10 ug/Litro        | N/A       |
| Arsénico | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 2.25 ug/Litro        | N/A       |

### Muestra: C-19

| Análisis | Unidades | Método                                                    | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Cadmio   | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 279       | 2.10 ug/Litro        | N/A       |
| Plomo    | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 78        | 3.10 ug/Litro        | N/A       |
| Arsénico | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 2.25 ug/Litro        | N/A       |

### Muestra: C-20

| Análisis | Unidades | Método                                                    | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Cadmio   | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 284       | 2.10 ug/Litro        | N/A       |
| Plomo    | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 98        | 3.10 ug/Litro        | N/A       |
| Arsénico | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 2.25 ug/Litro        | N/A       |

### Muestra: C-21

| Análisis | Unidades | Método                                                    | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Cadmio   | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 233       | 2.10 ug/Litro        | N/A       |
| Plomo    | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 75        | 3.10 ug/Litro        | N/A       |
| Arsénico | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 2.25 ug/Litro        | N/A       |



Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de UDA LABORATORIOS. El laboratorio mantendrá la confidencialidad de los resultados.





## **REPORTE DE RESULTADOS** **QUÍMICOS**

Código: SGCUDAL-F-004  
 Versión: 3  
 Fecha: 2014/06/10

### Muestra: C-22

| Análisis | Unidades | Método                                                    | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Cadmio   | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 307       | 2.10 ug/Litro        | N/A       |
| Plomo    | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 73        | 3.10 ug/Litro        | N/A       |
| Arsénico | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 2.25 ug/Litro        | N/A       |

### Muestra: C-23

| Análisis | Unidades | Método                                                    | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Cadmio   | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 243       | 2.10 ug/Litro        | N/A       |
| Plomo    | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 151       | 3.10 ug/Litro        | N/A       |
| Arsénico | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 2.25 ug/Litro        | N/A       |

### Muestra: C-24

| Análisis | Unidades | Método                                                    | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Cadmio   | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 192       | 2.10 ug/Litro        | N/A       |
| Plomo    | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 160       | 3.10 ug/Litro        | N/A       |
| Arsénico | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 2.25 ug/Litro        | N/A       |

### Muestra: C-25

| Análisis | Unidades | Método                                                    | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Cadmio   | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 210       | 2.10 ug/Litro        | N/A       |
| Plomo    | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 3.10 ug/Litro        | N/A       |
| Arsénico | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 2.25 ug/Litro        | N/A       |



Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de UDA LABORATORIOS.  
 El laboratorio mantendrá la confidencialidad de los resultados.





## REPORTE DE RESULTADOS QUÍMICOS

Código: SGCUDAL-F-004  
Versión: 3  
Fecha: 2014/06/10

### Muestra: C-26

| Análisis | Unidades | Método                                                    | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Cadmio   | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 429       | 2.10 ug/Litro        | N/A       |
| Plomo    | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 3.10 ug/Litro        | N/A       |
| Arsénico | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 2.25 ug/Litro        | N/A       |

### Muestra: C-27

| Análisis | Unidades | Método                                                    | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Cadmio   | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 270       | 2.10 ug/Litro        | N/A       |
| Plomo    | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 3.10 ug/Litro        | N/A       |
| Arsénico | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 2.25 ug/Litro        | N/A       |

### Muestra: C-28

| Análisis | Unidades | Método                                                    | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Cadmio   | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 311       | 2.10 ug/Litro        | N/A       |
| Plomo    | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 3.10 ug/Litro        | N/A       |
| Arsénico | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 2.25 ug/Litro        | N/A       |

### Muestra: C-29

| Análisis | Unidades | Método                                                    | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Cadmio   | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 275       | 2.10 ug/Litro        | N/A       |
| Plomo    | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 3.10 ug/Litro        | N/A       |
| Arsénico | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 2.25 ug/Litro        | N/A       |



Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de UDA LABORATORIOS.  
El laboratorio mantendrá la confidencialidad de los resultados.





# **REPORTE DE RESULTADOS QUÍMICOS**

Código: SGCUDAL-F-004  
Versión: 3  
Fecha: 2014/06/10

**Muestra: C-30**

| Análisis | Unidades | Método                                                    | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Cadmio   | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | 358       | 2.10 ug/Litro        | N/A       |
| Plomo    | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 3.10 ug/Litro        | N/A*      |
| Arsénico | ug/Litro | Espectrofotometría de Absorción Atómica, Horno de Grafito | < LD      | 2.25 ug/Litro        | N/A       |

OBSERVACIONES: Ninguna

Abreviaturas:

LD: Limite de Detección

N/A: No Aplica



**Técnico Responsable**

**Directora de Calidad**

**Director Técnico**

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de UDA LABORATORIOS.  
El laboratorio mantendrá la confidencialidad de los resultados.

