



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

CUANTIFICACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN  
BIVALVOS ANADARA TUBERCULOSA DE DIFERENTES SITIOS DE LA  
PROVINCIA DE EL ORO, 2019

ALARCON CLEMENTE MISHEL VIVIANA  
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

ROMERO ARMIJOS EFRAIN HONORATO  
BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

MACHALA  
2019



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

Cuantificación de concentración de arsénico en bivalvos *Anadara tuberculosa* de diferentes sitios de la provincia de El Oro, 2019

ALARCON CLEMENTE MISHEL VIVIANA  
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

ROMERO ARMIJOS EFRAIN HONORATO  
BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

MACHALA  
2019



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

TRABAJO TITULACIÓN  
TRABAJO EXPERIMENTAL

Cuantificación de concentración de arsénico en bivalvos *Anadara tuberculosa* de diferentes sitios de la provincia de El Oro, 2019

ALARCON CLEMENTE MISHEL VIVIANA  
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

ROMERO ARMIJOS EFRAIN HONORATO  
BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

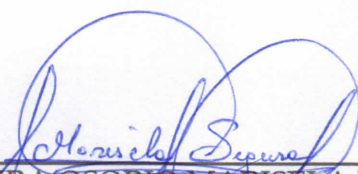
SEGURA OSORIO MARISELA BRIGITTE

MACHALA, 18 DE SEPTIEMBRE DE 2019

MACHALA  
2019

**Nota de aceptación:**

Quienes suscriben, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado Cuantificación de concentración de arsénico en bivalvos *Anadara tuberculosa* de diferentes sitios de la provincia de El Oro, 2019, hacemos constar que luego de haber revisado el manuscrito del precitado trabajo, consideramos que reúne las condiciones académicas para continuar con la fase de evaluación correspondiente.



---

SEGURA OSORIO MARISELA BRIGITTE  
0704633692  
TUTOR - ESPECIALISTA 1



---

LAM VIVANCO ADRIANA MERCEDES  
0704798776  
ESPECIALISTA 2



---

ALVARADO CACERES JESSICA VANESSA  
0703240978  
ESPECIALISTA 3

Machala, 18 de septiembre de 2019

# Trabajo experimental Bivalvos

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

<b>1</b> %	<b>1</b> %	<b>0</b> %	<b>0</b> %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

---

## FUENTES PRIMARIAS

---

<b>1</b>	<b>revistas.uladech.edu.pe</b>	<b>1</b> %
	Fuente de Internet	

---

---

Excluir citas	Activo	Excluir coincidencias	< 1%
Excluir bibliografía	Activo		

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

Los que suscriben, ALARCON CLEMENTE MISHEL VIVIANA y ROMERO ARMIJOS EFRAIN HONORATO, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado Cuantificación de concentración de arsénico en bivalvos Anadara tuberculosa de diferentes sitios de la provincia de El Oro, 2019, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 18 de septiembre de 2019



ALARCON CLEMENTE MISHEL VIVIANA  
0928386283



ROMERO ARMIJOS EFRAIN HONORATO  
0707082418

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo es dedicado a mi familia en especial a mis abuelitos y a mi mamá que son las personas que me han brindado su apoyo incondicional a lo largo de mi formación académica y personal.

**Efrain Romero Armijos**

## **AGRADECIMIENTO**

Expresamos nuestros agradecimientos, en primer lugar a Dios quién es ese ser celestial que nos da impulso y fortaleza día a día.

A nuestras familias que han sido un apoyo incondicional y pilar fundamental de cada meta que nos proponemos cumplir, gracias a ellos se ha podido llevar a cabo nuestra formación académica en nuestra dichosa Universidad.

Un agradecimiento especial a nuestra tutora, BQF Marisela Segura Osorio, Mgs que nos extendió la mano ofreciéndonos amistad y confianza para tan arduo trabajo, además gracias por su grandiosa bondad ya que de lo contrario no hubiésemos conseguido los implementos necesarios para la presente investigación.

Estamos agradecidos con nuestras amistades y todas las personas que nos ayudaron con su granito de arena.

A nuestros docentes de la carrera de Bioquímica y Farmacia, que nos guiaron en nuestras dudas enriqueciéndonos de conocimientos en el trascurso de la carrera.

**Mishel Alarcón y Efrain Romero**



## RESUMEN

En la región costa Ecuatoriana específicamente en la provincia de El Oro se han reportado la presencia de metales pesados y metaloides debido al crecimiento de la población y a su vez un incremento de contaminación por sucesos naturales o causas antropomórficas, y otras fuentes incluyen las actividades mineras desarrolladas en operaciones subterráneas que expulsan múltiples metaloides hasta ríos y posteriormente a los océanos, unos de los metaloides de interés de estudio es el arsénico (As) que es conocido por su uso criminal, en la antigüedad se lo encontraba en forma de anhídrido arsenioso, inodoro e insaboro mezclándose fácilmente con bebidas o alimentos siendo indetectable.

El arsénico causa daños a corto o a largo plazo, de tipo agudo o crónico, por ser bioacumulable en organismos vivos en caso de intoxicación se manifiesta con vómito, diarrea, melanosis queratosis, neuropatías, lesiones cardíacas, disfunción renal, anemia hemolítica, debilidad muscular, a largo plazo es muy común el desarrollo de células cancerígenas produciendo la muerte de las personas expuestas.

El presente trabajo de investigación determinó la cuantificación de concentración de arsénico presente en ejemplares de *Anadara tuberculosa* en cinco sitios de la provincia de “El Oro”, manglar El Bravito perteneciente a la isla Jambelí, Puerto Jelí, Santa Rosa, playa Cocoviche y del centro de la urbe de Machala, se escogió para el estudio la especie bivalvo molusco *Anadara tuberculosa* por su habilidad de captar y absorber diversos metales y otros contaminantes de su entorno, ya que su mecanismo de alimentación es por filtración además su incapacidad de desplazarse los convierten en un organismo inmóvil, para el análisis se tomó 20 muestras de cada sitio de recolección, luego se seleccionó 10 muestras al azar de cada punto de muestreo siendo en total 50 muestras representativas, a las que se les extrajo el tejido blando y se procesó según el protocolo establecido por la norma INEN 980:2013.

El método utilizado para la cuantificación de arsénico fue voltamperometría de Barrido Lineal (LSV) que se caracteriza por detectar concentraciones altas, con la ayuda del instrumento Potenciostato/ galvanostato, se utilizó sensores electroquímicos o celdas conformadas por tres electrodos: de trabajo, de referencia y un auxiliar; en la lectura de arsénico se usó nanotubos de carbono siendo un amplificador de señales, que en conjunto con el electrodo de trabajo aumenta el área de contacto en la celda, acorde a las

condiciones establecidas por la literatura científica se realizaron lecturas por triplicado de cada muestra.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) cataloga al arsénico como contaminante inorgánico muy crítico en agua de consumo humano, por tal motivo el límite máximo de concentración recomendado es de 10 ug/L en agua potable, por otro lado, la comisión Codex Alimentarius o “código alimentario” del programa conjunto de la Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura (FAO) establece como referencia toxicológica permisible el 0.015 mg/Kg en alimentos.

Al analizar los resultados de cuantificación de arsénico en *Anadara tuberculosa* se determinó que el 100% de las muestras superan los límites máximos permisibles, obteniendo el mayor nivel de concentración en las muestras pertenecientes a la urbe del centro de Machala con un promedio de 20,58 mg/kg, seguido de las muestras de Santa Rosa con 15,27 mg/kg, las muestras de Puerto Jelí arrojó 14,75 mg/kg, El Bravito 11,80 mg/kg y finalmente las muestras de la playa Cocoviche 4.72 mg/kg.

Estos resultados son alarmantes para las personas que se alimentan con dietas ricas en bivalvos, que de acuerdo a los resultados comestibles de esta investigación, contienen niveles altos de arsénico inorgánico.

**Palabras Claves:** Cuantificación de arsénico, *Anadara tuberculosa*, Provincia de El Oro, Voltamperometría de Barrido Lineal, Intoxicación.

## **ABSTRACT**

It is known that in the Ecuador's coastal region specifically in El Oro province heavy metals are reported frequently. Currently, population has increased together with contamination by natural events or anthropomorphic causes adding to mining activity that expel heavy metals through the rivers arriving to the oceans; one metal of the study interest is arsenic (As) known by its criminal use. In the old days, it was found as arsenious anhydride being odorless and tasteless, furthermore it could be mixed with drinks and food without being detected.

At present, Arsenic can cause acute or chronic damage in short and long term because of it is bio accumulating in living organisms which may have symptoms like vomit, diarrhea, melanosis, keratosis, neuropathies, heart problems, kidney dysfunction, hemolytic anemia, muscle weakness. In long term is common it develops cancer cells and subsequently death.

The current research determined the quantifying of the arsenic concentration existing in "Anadara tuberculosais" in five places belonging to El Oro province which are Puerto Jelí, Santa Rosa, the downtown of the capital of El Oro province called Machala, Cocoviche shore, and a mangrove called "El Bravito" located in Jambelí island. Anadara tuberculosais species are chosen for this research for their development mechanism because of the uptake ability of a range of metals and contaminants around their environment. In the sampling were taken 20 samples per each collecting point, then 10 samples were selected randomly per each sampling point, for a total of 50 samples for the quantification analysis.

To analyze this research, the samples were collected and weighed, the cross-contamination was avoided by an asepsis, hereinafter the samples were crushed for the soft tissue assimilation. Linear sweep voltammetry (LSV) was used as method of this research together with potentiostat/galvanostat tool where electro-chemical sensors or cells formed by three electrodes are used (working electrode, reference electrode, and auxiliary electrode); Carbon nanotube connected to a gold working electrode is recommended for the measurement of arsenic.

As set out by literary texts, measures for arsenic were made in triplicate. Previous studies show LSV method quantifies high concentrations being feasible for the analysis, and the findings were compared to limiting values.

Arsenic is cataloged by World Health Organization (WHO) as a critical inorganic contaminant presented in water, the recommended maximum limiting concentration in water is 10 µg/L in drinking water, on the other hand, Codex Alimentarius Commission (CAC) from Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) establish as allowable toxicological reference 0.015 mg/Kg in food.

Analyzing the results, the research found the samples exceed the allowable limits, having the highest arsenic concentration by samples from Machala downtown with 20,58 mg/kg, followed by samples from Santa Rosa with 20.5541 mg/Kg, Puerto Jelí threw 14,75 mg/kg, El Bravito 11,80 mg/kg, , and Cocoviche shore with 4.72 mg/kg. Results are alarming for people who consume this metal through various products marketed.

**Key words:** Arsenic quantification, Anadara tuberculosais, El Oro province, Linear sweep voltammetry, intoxication.

## CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	1
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	2
<b>RESUMEN</b> .....	3
<b>ABSTRACT</b> .....	5
<b>CONTENIDO</b> .....	7
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	10
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	11
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	13
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	15
<b>OBJETIVOS</b> .....	15
<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	15
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	15
<b>PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	16
<b>HIPÓTESIS</b> .....	16
<b>VARIABLES</b> .....	16
<b>1. MARCO REFERENCIAL</b> .....	17
<b>1.1 El Arsénico</b> .....	17
<i>1.1.1. Arsénico en el medio ambiente</i> .....	18
<i>1.1.2. Arsénico en agua y sedimentos</i> .....	18
<i>1.1.3. Agua</i> .....	18
<i>1.1.4. Normatividad</i> .....	19
<i>1.1.5. Sedimentos</i> .....	20
<i>1.1.6. Arsénico en Ecuador y la Provincia de El Oro</i> .....	20
<b>1.2. Intoxicación por consumo de Arsénico</b> .....	21
<i>1.2.1. Tipos de intoxicación</i> .....	21
<i>1.2.2. Daños sistémicos</i> .....	22
<i>1.2.3. Metabolismo y eliminación de arsénico</i> .....	24
<b>1.3. Arsénico en los alimentos</b> .....	26
<i>1.3.1. Normativa de referencia según la FAO, OMS y norma INEN</i> .....	27
<i>1.3.2. Arsénico en especies marinas</i> .....	27

1.3.3.	<i>Moluscos bivalvos</i> .....	28
1.3.4.	<i>Bioacumuladores de metales pesados</i> .....	29
1.3.5.	<i>Moluscos bivalvos como bioindicadores</i> .....	30
1.3.6.	<i>Anadara Tuberculosa</i> .....	30
1.4.	<b>Métodos de detección</b> .....	31
□	<i>Reacción de Gutzeit</i> .....	31
□	<i>Métodos espectrométricos</i> .....	31
□	<i>Absorción Atómica</i> .....	32
□	<i>Electroquímica</i> .....	32
1.5.	<b>Técnicas Electroquímicas</b> .....	33
1.5.1.	<i>Potenciostato/Galvanostato</i> .....	33
1.5.2.	<i>Celda Electroquímica</i> .....	34
1.5.3.	<i>Tipos de electrodos</i> .....	35
1.5.4.	<i>La Voltamperometría</i> .....	36
1.5.5.	<i>Voltamperometría cíclica</i> .....	36
1.5.6.	<i>Voltamperometría de barrido lineal</i> .....	37
2.	<b>MATERIALES Y METODOS</b> .....	38
2.1.	<b>Tipo de Estudio</b> .....	38
2.2.	<b>Unidad de análisis</b> .....	38
2.3.	<b>Universo de muestra</b> .....	39
2.4.	<b>Área de estudio</b> .....	39
2.5.	<b>Materiales equipos y reactivos</b> .....	42
	<i>Reactivos</i> .....	42
	<i>Materiales</i> .....	42
	<i>Equipos</i> .....	42
	<i>Otros Materiales</i> .....	43
	<i>Soluciones Buffers</i> .....	43
2.6.	<b>Recolección de muestras</b> .....	43
2.6.1.	<i>Protocolo para toma de muestra</i> .....	44
2.7.	<b>Análisis de los moluscos</b> .....	44
2.7.1.	<i>Preparación de las muestras</i> .....	44
2.7.2.	<i>Digestión de la muestra</i> .....	44
2.8.	<b>Técnica Operativa</b> .....	45

2.8.1.	<i>Preparación de las soluciones</i> .....	45
2.8.2.	<i>Preparación de las muestras a analizar</i> .....	46
2.8.3.	<i>Curva de calibración</i> .....	46
2.8.4.	<i>Soluciones auxiliares</i> .....	47
2.8.5.	<i>Metodología</i> .....	47
2.9.	<b>Limpieza de los electrodos</b> .....	48
2.10.	<b>Lectura de patrones (curva de calibración)</b> .....	51
2.11.	<b>Lectura de muestras a analizar</b> .....	52
3.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	54
3.1.	<b>RESULTADOS</b> .....	54
3.2.	<b>DISCUSIÓN</b> .....	65
4.	<b>CONCLUSIÓN</b> .....	67
5.	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	68
6.	<b>ANEXOS</b> .....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Propiedades del arsénico.....	17
<b>Tabla 2.</b> Límites permisibles de As en agua potable. ....	19
<b>Tabla 3.</b> Concentraciones de arsénico en el organismo. ....	22
<b>Tabla 4.</b> Compuestos arsenicales relacionados con alimentos.....	28
<b>Tabla 5.</b> Taxonomía de <i>Anadara tuberculosa</i> .....	30
<b>Tabla 6.</b> Descripción de patrones.....	47
<b>Tabla 7.</b> Resultados de concentración de As .....	54
<b>Tabla 8.</b> Resultados de concentración de As. ....	55
<b>Tabla 9.</b> Resultados de concentración de As. ....	56
<b>Tabla 10.</b> Resultados de concentración de As. ....	57
<b>Tabla 11.</b> Resultados de concentración de As. ....	58
<b>Tabla 12.</b> Resultados de análisis por sector. ....	59
<b>Tabla 13.</b> Comparación de niveles de arsénico de muestras “El Bravito” .....	60
<b>Tabla 14.</b> Comparación de niveles de arsénico de muestras “Puerto Jelí”. ....	61
<b>Tabla 15.</b> Comparación de niveles de arsénico de muestras “Santa Rosa”. ....	62
<b>Tabla 16.</b> Comparación de niveles de arsénico de muestras “Cocoviche”. ....	63
<b>Tabla 17.</b> Comparación de niveles de arsénico de muestras de la urbe de ”Machala” ..	64



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mecanismo de la toxicidad del Arsénico .....	26
<b>Figura 2.</b> Anatomía interna de un molusco bivalvo.....	29
<b>Figura 3.</b> Parte frontal del potencióstato.....	34
<b>Figura 4.</b> Conexión de equipo y electrodos. ....	34
<b>Figura 5.</b> Descripción de electrodos. ....	35
<b>Figura 6.</b> Breve descripción de respuestas encontradas en Voltamperometría cíclica..	36
<b>Figura 7.</b> Mapa de la provincia de El Oro. ....	38
<b>Figura 8.</b> Manglar El Bravito, Jambelí. ....	39
<b>Figura 9.</b> Puerto Jelí.....	40
<b>Figura 10.</b> Playa Cocoviche.....	40
<b>Figura 11.</b> Camaroneras de Santa Rosa. ....	41
<b>Figura 12.</b> Centro comercial de Machala.....	41
<b>Figura 13.</b> Limpieza de electrodos con HNO <sub>3</sub> 0.1M.....	49
<b>Figura 14.</b> Limpieza de electrodos con agua desionizada. ....	50
<b>Figura 15.</b> Lectura de electrolito.....	51
<b>Figura 16.</b> Curva de calibración.....	52
<b>Figura 17.</b> Lectura de muestras en Potencióstato. ....	53
<b>Figura 18.</b> Lectura de Muestras “El Bravito”. ....	54
<b>Figura 19.</b> Lectura de muestras de “Puerto Jelí”. ....	55
<b>Figura 20.</b> Lectura de muestras de “Santa Rosa”. ....	56
<b>Figura 21.</b> Lectura de Muestra playa “Cocoviche”. ....	57
<b>Figura 22.</b> Lectura de Muestras centro de “Machala”. ....	58
<b>Figura 23.</b> Resultados con mayor concentración de As.....	59

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Traslado con personal que trabaja recolectando Conchas (Anadara tuberculosa) isla Jambelí estero el bravito. ....	69
Anexo 2. Recolección de ejemplares de conchas .....	69
Anexo 3. Pesado de muestra y colocación de ácidos para digestiones de muestras.....	70
Anexo 4. Montaje del equipo de potenciostato.....	70
Anexo 5. Patrones de Arsénico para curva de calibración. ....	71
Anexo 6. Lectura de muestras Barrido lineal. ....	71
Anexo 7. Conversión de lectura muestra bravito.....	72
Anexo 8. Conversión de lectura muestra Puerto Jelí.....	72
Anexo 9. Conversión de lectura muestra Santa Rosa. ....	73
Anexo 10. . Conversión de lectura muestra de la urbe de Machala.....	73
Anexo 11. . Conversión de lectura muestra Cocoviche.....	74
Anexo 12 Reporte por Absorción Atómica .....	75
Anexo 13. Determinación cualitativa de arsénico .....	76

## INTRODUCCIÓN

La contaminación por presencia de diversos metales se considera un problema no solo nacional sino también internacional de preocupación para los profesionales que la estudian, por tener capacidad de transformarse mas no de degradarse en consecuencia tienen efecto riesgoso directamente en la biota marina habiendo presencia de compuestos orgánicos e inorgánicos a corto plazo y a largo plazo se ve afectado el organismo humano <sup>1</sup>.

En la actualidad se estudian diversidades de metaloides entre ellos el arsénico (As) se lo ha considerado como una de las 10 sustancias químicas más alarmantes al relacionarse con el entorno en el que todos habitamos, según la OMS ha definido un valor guía para el arsénico cuya finalidad es servir al mundo entero, el límite recomendado para la concentración de arsénico en agua potable es de 10 ug/l <sup>2</sup>, así mismo el programa conjunto FAO/OMS establecen un valor toxicológico de referencia para la ingesta de arsénico inorgánico, denominado como (ISTP) Ingesta Semanal Tolerable Provisional, presentes en alimentos o bebidas.

La constitución de la República del Ecuador, artículos 395, 396, 397 capítulo segundo, biodiversidad y recursos naturales, sección primera, medio ambiente, establece que el estado garantizará un ambiente equilibrado, en donde se conserva la regeneración natural del ecosistema, certificando el bienestar de generaciones tanto presentes como futuras, implementando estrategias que eviten impactos ambientales negativos aplicando medidas oportunas, de lo contrario en caso de daños ambientales el estado actuará de manera inmediata para garantizar la salud y restauración del ecosistema <sup>3</sup>.

Normalmente para la determinación de arsénico se emplean varios métodos como absorción atómica, cromatografía líquida, métodos quimioluminiscentes, entre otros métodos analíticos, la mayoría de estos métodos son de alto costo, requiere de personal

profesional, gran tiempo en análisis, además de que son espaciosos y traen dificultad al trasladar.

Motivo por el cual se sugiere el uso de metodologías electroquímicas que se caracterizan, por su simplicidad, alta sensibilidad, estabilidad, no requiere gran instrumentación, se reportan resultados eficaces y eficientes en todo tipo de muestra, siendo factible para las investigaciones se aplicó la técnica de Voltamperometría de barrido lineal (LSV).

En la Universidad Técnica de Machala se reportan varias investigaciones mediante técnicas electroquímicas y basándonos en la validación de métodos analíticos para la determinación de arsénico en soluciones acuosas se realizó esta investigación con el fin de cuantificar arsénico.

La presente investigación se enfoca en determinar concentraciones de arsénico mediante cuantificación, utilizando métodos electroquímicos con la técnica de Voltamperometría de barrido lineal en muestras digeridas de moluscos bivalvos *Anadara tuberculosa* de distintos sitios de la provincia de El Oro y realizar un análisis comparativo del resultado de las concentraciones de arsénico que contengan las especies.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Es de gran impacto para el medio ambiente la presencia de As en bivalvos *Anadara tuberculosa*, para ello es necesario medir concentraciones de este metal pesado que puede ser perjudicial para las comunidades humanas costeras o para quienes lo consumen.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Determinar la concentración de arsénico mediante Voltamperometría de Barrido Lineal en bivalvos *Anadara tuberculosa* de diferentes sitios de la provincia de “El Oro”, 2019.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar la concentración de arsénico inorgánico mediante voltamperometría de Barrido Lineal en bivalvos estableciendo su lugar de origen.
- Identificar la mayor concentración de As a través de la interpretación de los resultados obtenidos de las muestras recolectadas entre los sitios evaluados de la provincia de El Oro.
- Comparar los resultados de niveles de arsénico en bivalvos *Anadara tuberculosa* de la Provincia de El Oro con los parámetros establecidos por las normas nacionales e internacionales.

## **PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

- ¿Qué nivel de concentración de arsénico se encuentra en los moluscos bivalvos *Anadara tuberculosa*?
- ¿Existe diferencia de concentraciones de arsénico entre los bivalvos recolectados de diferentes sitios de la provincia de El Oro?
- ¿Están dentro de los parámetros permitidos establecidos por las normas internacionales o nacionales, las concentraciones de arsénico?

## **HIPÓTESIS**

¿Es cuantificable la presencia de arsénico en muestras digestadas de bivalvos *Anadara tuberculosa* por la técnica voltamperométrica de Barrido Lineal?

## **VARIABLES**

### **Variable independiente**

Molusco bivalvo *Anadara tuberculosa*

### **Variable dependiente**

Concentración de arsénico

## 1. MARCO REFERENCIAL

### 1.1 El Arsénico

El arsénico (As) es un elemento químico muy disperso, generalmente se lo encontraba en sistemas acuáticos profundos, pero por procesos naturales este elemento se encuentra totalmente distribuido en todo el medio ambiente <sup>4</sup>. Representa un 0,0005% de la corteza terrestre <sup>5</sup>.

*Tabla 1. Propiedades del arsénico.*

Propiedades	
Número atómico	33
Peso atómico	74.922
Radio atómico	1.33 A°
Volumen atómico	13.1 cm <sup>3</sup> mol <sup>-1</sup>
Densidad	1.97 g
Punto de ebullición	613 °C
Punto de fusión	817 °C
Electronegatividad	2.18

**Fuente:** Encyclopedia of Food and Health <sup>6</sup>.

Se caracteriza por ser semimetal, consta en el grupo VA de la tabla periódica de elementos químicos, se lo encuentra generalmente en forma de rocas sedimentarias y volcánicas, y en aguas geotermales, en el ámbito comercial es utilizado en múltiples productos, entre tantos: en conservantes de materiales de madera y en varios alimentos también en plaguicidas, municiones y variedades de medicamentos <sup>7</sup>.

Los niveles de arsénico cambian constantemente debido a que es un elemento con alta movilidad, constan con la habilidad de sufrir transformaciones, al tener contacto con el oxígeno u otras moléculas que se encuentran en aire, suelo, agua o microorganismos <sup>5</sup>. Los estados de arsénico son el arseniato pentavalente (V) y el arsenito trivalente (III), siendo esta última la forma más tóxica <sup>8</sup>.

### ***1.1.1. Arsénico en el medio ambiente***

Puede incluirse de manera rápida en el aire, agua y suelos a través de vectores como tormentas de polvo o agua, se hayan niveles altos en aguas subterráneas cuando la presencia de arsénico de manera geológica natural es de mayor impacto o de manera accidental está cerca una fuente de contaminación <sup>9</sup>.

Es preocupante la contaminación de arsénico en conjunto con otros elementos en agua, puede conllevar efectos perjudiciales para la salud <sup>10</sup> y más si el agua es utilizada para las actividades cotidianas, por lo que es muy probable que se vea afectada la cadena alimenticia y “favorecer su distribución en todo el reino animal y vegetal” <sup>9</sup>.

En Ecuador, altas concentraciones de As en el agua son asociados con procesos hidrotermales en regiones volcánicas, como por ejemplo las aguas termales de la laguna Papallacta <sup>11</sup>, estos entre otros forman sitios ricos en minerales de arsénico esto es resultado de los volcanes activos y a la posición de la cordillera de los Andes <sup>12</sup>.

### ***1.1.2. Arsénico en agua y sedimentos***

El As es un oligoelemento abundante en la corteza terrestre, su aparición se origina asociándose principalmente a minerales metálicos, puede estar presente como un compuesto menor como en pirita (FeS<sub>2</sub>) y esfalefirita (ZnS), y en mayor cantidad como en arsenopirita (FeAsS), orpiment (As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>) loellingite (FeAs<sub>2</sub>), realgar (As<sub>4</sub>S<sub>4</sub>) y pirita arseniana (FeS<sub>2</sub>), los cuales tienden a liberarse en aguas y sedimentos <sup>13</sup>.

### ***1.1.3. Agua***

Estudios determinan promedios de 5 millones de personas contaminadas con Arsénico aumentando cada día, de manera que se reportan 14 de los 20 países de América latina con una población expuesta estimada de 14 millones de personas a su vez este promedio depende de los límites máximos permisibles establecidos de cada estado <sup>14</sup>.



Existen reportes de formas de contaminación como la liberación natural a partir de aguas subterráneas con alto contenido de As, a esta situación se suman las actividades humanas, incluyendo la labor minero-metalúrgica, la aplicación de herbicidas, fungicidas, insecticidas y abonos con fosfato <sup>15</sup>.

Según la organización Mundial de la salud (OMS), ha catalogado al arsénico (III) un contaminante inorgánico muy crítico en agua, por ello establecen un límite máximo recomendado de 10 ug/L para arsénico en agua potable <sup>14</sup>.

#### ***1.1.4. Normatividad***

En años recientes, las autoridades ambientales han tomado una actitud más estricta en los límites permisibles de arsénico en agua potable. A continuación se describe la normatividad de algunas autoridades ambientales para agua potable <sup>16</sup>.

***Tabla 2. Límites permisibles de As en agua potable.***

<b>Autoridades Ambientales</b>	<b>Límites permisibles de As en mg L-1</b>
Bangladesh	0.050
China	0.050
México (NOM-127-SSA1-1994)*	0.025
Canadá	0.025
Costa Rica	0.010
OMS	0.010
Unión Europea	0.010
EPA	0.010
OSHA*	0.010
NHMRC*	0.007
Australia	0.007
Dinamarca	0.005
Nueva Jersey	0.005
NTDC	0.003

**Fuente:** Centro de investigación CIMAV <sup>16</sup>.

### ***1.1.5. Sedimentos***

El mundo acuático es el último lugar donde se concentran las sustancias desechadas por el hombre, con el tiempo al ejercer la actividad biológica favorece la descomposición de compuestos orgánico a CO<sub>2</sub> y como producto final H<sub>2</sub>O, por otra parte las especies inorgánicas son acumulados en los sedimentos o en organismos de especies marinas <sup>17</sup>.

Las sustancias introducidas en el mar por procesos naturales, antrópicos y dependiendo de las variaciones del medio ambiente de deposición pueden tomar el papel de sumidero o fuente contaminante para el agua y a la trama trófica marina influyendo en las cadenas alimentarias <sup>18</sup>.

Los sedimentos juegan un papel muy importante, en él viven y se evolucionan especies marinas como crustáceos y moluscos, acumulan contaminantes pero sin embargo proporcionan alimento y un hábitat para todo tipo de organismos bentónicos <sup>19</sup>.

### ***1.1.6. Arsénico en Ecuador y la Provincia de El Oro***

Una de las principales formas de contaminación es debido a la minería, en los últimos años se ha registrado un incremento de minas tanto ilegales como legales de tal manera incrementa la contaminación por metales pesados y entre ellos la contaminación por arsénico, según FUNSAAD realizó estudios en suelos de Zaruma y Portovelo con el propósito de conocer cuál es la concentración de estos metales en aquellas zonas donde existen plantas de procesamiento, se encontraron niveles por encima de lo establecido, Plomo (1796.8 – 4060,0 mg/kg), Arsénico (396,0 – 8800,0 mg7kg), Zinc(513,0 – 2670,0 mg/kg), Cadmio (27.0 – 44.1 mg/kg), y Mercurio (1.0 – 35.9 mg/kg) <sup>20</sup>.

El agua de los ríos se ven afectados por desechos de relaves que son resultados de procesos mineros, es por ello que trae consecuencias negativas a la forma de vida de las personas que viven en los alrededores intoxicándose de forma indirecta a largo plazo por medio de la ingesta de agua y el uso diario en la preparación de alimentos <sup>20</sup>.

Además de las contaminaciones por minerías también encontramos una contaminación por descargas de aguas servidas de mayor impacto en el estero Huayla, recibe a diario y constantemente descargas por parte de las viviendas del sur del cantón Machala, el estero

Huayla desemboca en el estero Santa Rosa que es de mayor amplitud el cual separa la ciudad de Machala de la isla Jambelí, siendo una fuente más de contaminación por la presencia de arsénico <sup>21</sup>.

## **1.2. Intoxicación por consumo de Arsénico**

La ingesta de diferentes metales pesados tienden a producir daños en la salud humana, las complicaciones dependen de la exposición convirtiéndose en aguda o crónica, cierta exposición puede surgir por sucesos naturales ya sea por erosión de suelos ricos en estos elementos o por causas antropomórficas como los residuos industriales, baterías no recicladas, materiales usados para fundición fertilizantes y uso de pesticidas en el área agrícola <sup>22</sup>.

### ***1.2.1. Tipos de intoxicación***

#### ***1.2.1.1. Intoxicación Aguda***

Los síntomas agudos aparecen dentro un lapso de una semana a dos, ante una exposición de niveles altos de arsénico se manifiesta con diferentes síntomas los principales: Fiebre, Leucopenia, anemia, Hepatomegalia, Arritmia cardíacas, Incoordinación, Ataxia, Eritema cutáneo, Síntomas gastrointestinales <sup>23 24</sup>.

#### ***1.2.1.2. Intoxicación Crónica***

La exposición crónica al arsénico se asocia con varias enfermedades malignas y no malignas que aumentan significativamente la mortalidad en áreas endémicas de arsénico<sup>25</sup>, provocando insuficiencia multiorgánica, cáncer <sup>26</sup>, que involucran a pulmón, hígado, linfoma, vejiga, próstata, riñón y nasofaringe, hiperpigmentación de la piel, hiperqueratosis, complicaciones reproductivas, trastorno neurológico y del comportamiento, además de causar lesiones en el hígado causando ictericia, lesiones vasculares a nivel del sistema nervioso <sup>23 27</sup>.

Por otra parte tras la exposición a un ambiente contaminado también se ven afectadas las mujeres en estado de gestación, innumerables estudios han investigado los efectos de la exposición a metales en el crecimiento fetal, el As inorgánico resulta ser más tóxico que el As orgánico porque es fácilmente absorbido por células y por ende puede provocar efectos teratogénicos <sup>28</sup>.

Además de relacionarse con neurotoxicidad e inmunotoxicidad, problemas del desarrollo enfermedades cardiovasculares y diabetes, presentando riesgos carcinógenos <sup>29</sup>

**Tabla 3.** Concentraciones de arsénico en el organismo.

<b>CONCENTRACIONES</b>	<b>EFFECTOS EN EL ORGANISMO</b>
0 – 10 > µg/L N	No presenta efectos.
10 – 200 µg/L	Poco riesgo en la piel.
200 – 300 µg/L	Presenta alto riesgo de cáncer en la piel.
300 – 600 µg/L	Interviene la hiperpigmentación.
600 – 1000 µg/L.	Envenenamiento crónico en la piel.
1000 – 10000 µg/L	Afecta al organismo y produce la muerte.
>10000 µg/L	Envenenamiento agudo.
<b>Fuentes:</b> Repositorio UTMACH <sup>12</sup> .	

### **1.2.2. Daños sistémicos**

- **Hematológicos**

Comúnmente la anemia y la leucopenia son efectos de envenenamiento por arsénico, los niveles de GSH disminuyen produciendo una oxidación el grupo sulfhidrilo en la hemoglobina, lo que causa una destrucción de las células sanguíneas <sup>27</sup>

- **Piel**

Debido a que el arsénico tiene la capacidad de atravesar la capa epitelial de la piel ante una exposición crónica causa lesiones como hiperqueratosis e hiperpigmentación <sup>27</sup>, las

lesiones malignas inducen a carcinoma de células escamosas, carcinoma basocelular y melanoma maligno <sup>30</sup>.

- **Sistema respiratorio**

Dada una exposición aguda logra causar faringitis, rinitis, laringitis, falta de aliento, congestión nasal, irritación de los ojos, y cuando es crónica causa efectos de asma crónico <sup>27</sup>.

- **Sistema gastrointestinal**

Son los más comunes luego de haber sido expuestos agudamente ante el arsénico, causa el síndrome paralítico agudo cuando se ha desarrollado una ingesta crónica de arsénico presentando irritación gastrointestinal, además de esofagitis, gastritis y colitis <sup>27</sup>.

- **Sistema nervioso**

Encefalopatía presentando dolor de cabeza continuos, alucinaciones, confusión mental, pérdida de memoria además de coma, ataques de pánico y depresión, ante intoxicaciones crónicas provoca poli neuropatía sensoriales <sup>27</sup>, neuropatía periférica que se dan por enfermedades crónicas debido a la exposición causada por beber líquidos incluso a concentraciones bajas de 10 a 50 ppm <sup>31</sup>.

- **Sistema cardiovascular**

La exposición crónica de arsénico mayores al valor de referencia citado por la OMS demuestra que causa incrementos a padecer riesgos relacionados con infarto de miocardio, arritmias cardíacas, presión baja e hipertensión, aterosclerosis carotídea, enfermedades arteriales periféricas y un aumento de enfermedades cardiovasculares en la población pediátrica <sup>32 27</sup>.

- **Sistema urinario**

Los riñones son uno de los principales órganos que presentan daños dado a que son quienes excretan el arsénico, causando hematuria, proteinuria, oliguria, deshidratación <sup>27</sup>.

- **Sistema hepático**

El hígado es el encargado de biotransformar y eliminar asociándose con la desintoxicación, tiende a acumular As y presenta síntomas como sangrado, dolor abdominal, ascitis, ictericia o una hepatomegalia, el arsénico en el hígado es mediado por el GSH (glutatión), lo cual disminuye su toxicidad y facilita la eliminación <sup>27</sup>.

- **Sistema reproductivo**

Aumenta el riesgo de mal formación, además de disminuir el peso en recién nacidos, provocar abortos espontáneos, nacimientos prematuros e incrementar la mortalidad infantil <sup>27</sup>.

- **Diabetes mellitus**

Según estudios se observa en pacientes expuestos al arsénico parecida a diabetes mellitus tipo II en países como Bangladesh, Taiwán y Suecia , estudios recientes a relacionado que los arsenicales trivalentes pueden disminuir el estímulo insulínico al momento de captar glucosa y transportarla de las células adiposas <sup>33 27</sup>.

- **Efectos Cancerígenos**

Ante exposiciones a largo plazo el arsénico ha sido distinguido como un posible carcinógeno para el ser humano asociándose con cáncer de piel, pulmón, hígado, riñón, vejiga y próstata <sup>27</sup>.

### ***1.2.3. Metabolismo y eliminación de arsénico***

El arsénico en el organismo ingresado por vía inhalada, digestiva o cutánea, se dirige al torrente sanguíneo para irrigarse en el hígado, riñones, tracto digestivo a su vez una parte de arsénico (As) es excretado por la orina en forma inorgánica <sup>34</sup>, el arsénico actúa alterando las enzimas mitocondriales, lo que provoca la interrupción de la respiración celular y también el desacoplamiento de la fosforilación oxidativa, As imita el fósforo y se sustituye en su lugar, lo que resulta en la inhibición de muchas enzimas alterando las reacciones bioquímicas en las mitocondrias, el arsénico ejerce su toxicidad al interactuar con los grupos <sup>35</sup>.

En un estudio realizado en México, se descubrió que 132 metabolitos estaban alterados por la exposición al arsénico, principalmente los metabolitos que participan en el metabolismo de los aminoácidos, el piruvato y los que participan en el ciclo de Krebs <sup>36</sup>.

La vía conduce a la producción de adenosina trifosfato (ATP), el producto metilado causa interrupción de la función mitocondrial <sup>36</sup>.

Se da un mecanismo de mutilación que puede dividirse en dos etapas, comenzando por la reducción para convertir As(V) en As(III) seguido de reacciones de mutilación oxidativa que transforman el As(III) <sup>34</sup>.

La mutilación de As requiere de una reducción de AS(V) a As(III) , seguida de la adición del primer grupo metilo para formar ácido monometil arsónico (MMA), esta es seguida por una segunda reducción del MMA(V) a MMA(III), previa la segunda metilación en la que se obtiene ácido dimetil arsénico (DMA), se propone a la S-adenosilmetionina como donador de los grupos metilo y el glutatión reducido (GSH) como principal agente reductor transformador de arsénico <sup>34</sup>. Este proceso tiene lugar en el hígado y luego se excreta a través de los riñones, y el arsénico inorgánico también se excreta a través de los riñones <sup>36</sup>.

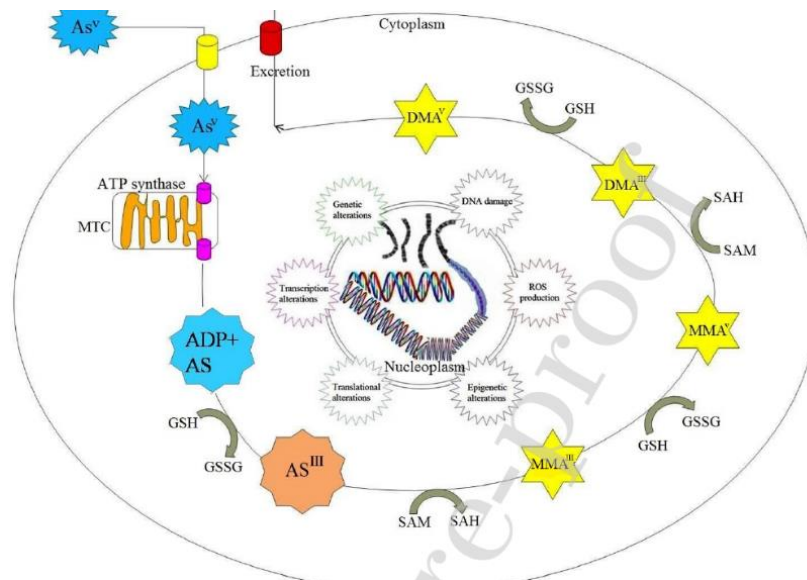
Entre los factores que pueden influir en la capacidad de mutilación está la dosis de exposición, una dieta alta en metionina y proteínas y el probable polimorfismo genético unido al sexo y el de las enzimas metilantes (metil transferasa), pues se ha encontrado mayor inducción en mujeres. Cuando la capacidad de este mecanismo de destoxificación es rebasado se presentan efectos tóxicos <sup>34</sup>.

Se ha encontrado un incremento significativo en la cantidad de MMA y una disminución de DMA que son excretados en la orina en individuos que tienen un estado crónicamente a altas concentraciones de As en agua de bebida lo que se interpreta como un factor para adquirir mayor capacidad de tolerancia al arsénico <sup>34</sup>.

Aunque acepta que la metilación del arsénico inorgánico es un mecanismo de destoxificación, ha visto en algunas especies orgánicas del arsénico presenta efectos tóxicos, el DMA ocasiona ruptura del ADN probablemente por la formación de radicales peróxidos, así como por entrecruzamiento entre el ADN y las proteínas <sup>34</sup>.

Durante el proceso de metilación, los metabolitos reactivos pueden afectar a las macromoléculas críticas por lo que es necesario realizar estudios específicos para establecer su toxicidad. Una vez metilado el arsénico es eliminado por la orina en forma de DMA (50-70%), otra parte es excretada sin metilar, y otra más queda asociada a proteínas <sup>34</sup>.

**Figura 1.** Mecanismo de la toxicidad del Arsénico



**Fuente:** Environmental Technology & Innovation <sup>36</sup>

### 1.3. Arsénico en los alimentos

El uso de conservantes y aditivos como por ejemplo el ácido arsánico y sus derivados para piensos para aves y cerdos usados para aumentar peso y tratar o prevenir enfermedades, los animales no absorben en su totalidad los compuestos de As al ingerirlos, por lo tanto lo excretan y a su vez éste es utilizado como fertilizante orgánico dando así el contacto con los cultivos <sup>37</sup>.



A esta problemática se suma las concentraciones de arsénico que enriquecen el agua subterránea, como es de conocimiento se reportan muchas regiones a nivel mundial con problemas de salud, el agua subterránea se utiliza para beber o para riego obteniendo de esta manera la entrada a la cadena alimenticia, el As se ha infiltrado a una serie de alimentos, plantas de cultivos, animales marinos, frutas, verduras y en consecuencia ha logrado involucrarse en productos alimenticios comerciales <sup>38</sup>.

### ***1.3.1. Normativa de referencia según la FAO, OMS y norma INEN***

Según la Organización Internacional para la Agricultura y la Alimentación (FAO) la inocuidad alimentaria es un derecho mundial <sup>39</sup>, así mismo la normativa según el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN) NTE INEN 57 establece como límite máximo 0.5 mg/kg del contaminante arsénico en sal que es el condimento que se adiciona a todas las comidas <sup>40</sup>, pero según la comisión de Codex Alimentarius FAO/OMS el valor de referencia toxicológica permisible a nivel mundial es 0.015 mg/kg de peso corporal <sup>41</sup>.

### ***1.3.2. Arsénico en especies marinas***

Los organismos marinos contienen altos niveles de As <sup>42</sup>. La ingesta de alimentos es la ruta más factible para la exposición a contaminantes, pescados y mariscos en general se los identifica “con mayor contribución de contaminantes químicos” <sup>43</sup>.

“Las algas marinas son ricas en arsenoazúcares, en algunos peces y crustáceos, la arsenobetaína es la principal especie arsenical hallada, mientras que en general en los peces los arsenolípidos representan alrededor del 10- 30% del arsénico total (AsT) los peces marinos también contienen As representando alrededor del 10% del As” <sup>44</sup>.

En cuanto a especies como bivalvos, crustáceos, y en ciertos peces de aguas frías que se alimentan en lo profundo del mar, la forma orgánica del arsénico principalmente la arsenobetaína y arsecolina son conocidas como arsénico de los peces considerándose no tóxicas ya que se excretan del organismo humano después de 48 horas de la ingestión <sup>45</sup>.

Así mismo se encuentran datos estadísticos de arsénico inorgánico en moluscos bivalvos ya que como organismos filtradores, son capaces de concentrar en sus tejidos distintos

contaminantes del ambiente en el que se encuentran desarrollándose debido a su proceso de bioacumulación <sup>46</sup>.

**Tabla 4.** *Compuestos arsenicales relacionados con alimentos.*

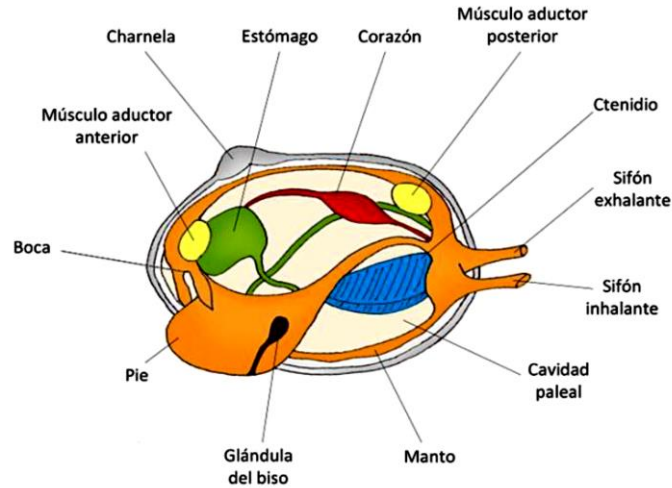
Compuestos arsenicales relacionados con alimentos.

Compuesto arsenical	Se encuentra en
Arsenito (As <sup>+3</sup> ) y Arsenato (As <sup>+5</sup> ) <sup>2</sup>	Algas marinas Setas Comestibles Vegetales Agua Potable Arroz Animales de origen marino ( en especial bivalvos)
<b>Fuentes:</b> Ingesta de Arsénico.	

### **1.3.3. Moluscos bivalvos**

Son invertebrados que se caracterizan por poseer lateralmente cuerpo aplanado y valvas que lo cubren en su totalidad, las valvas están unidas por un ligamento cumpliendo la función de visagra permitiendo la acción de abrir y cerrar por medio de los músculos aductores, en su interior se encuentra un manto que ayuda a expulsar fluidos y secreciones del animal, el borde y la parte profunda contribuyen al crecimiento tanto en diámetro como grosor <sup>47</sup>.

**Figura 2.** Anatomía interna de un molusco bivalvo.



**Fuente:** Universidad de Huelva <sup>48</sup>.

Los moluscos bivalvos son muy vulnerables expuestos a contaminantes de su hábitat, por su mecanismo de alimentación que es fijadora por ello es muy fácil tomar la mayor parte de contaminación presente ya sea de origen biológico, artificial o químico <sup>49</sup>.

#### **1.3.4. Bioacumuladores de metales pesados**

A diferencia de los crustáceos y peces, los moluscos bivalvos tienen un déficit de actividad enzimática disminuyendo la capacidad de metabolizar contaminantes persistentes, por lo tanto concentraciones de contaminantes en los tejidos de los bivalvos delatan la contaminación ambiental <sup>50</sup>.

El proceso de bioacumulación compromete al sistema de transporte de membrana que incluye al metal pesado al citoplasma, a su vez es aislado por la presencia de proteínas ricas en grupos sulfhidrilos llamados metalotioneínas que también tiene la posibilidad de ser seccionado dentro de una vacuola <sup>51</sup>.

### 1.3.5. *Moluscos bivalvos como bioindicadores*

En diferentes estudios se usan bivalvos como indicadores para la detección de xenobióticos en ambientes marinos<sup>52</sup>. Son establecidos como modelos más idóneos para evaluar la contaminación en ambientes marinos por su incapacidad de desplazarse además que son organismos filtradores aptos para estudios en relación con las metalotioneínas que son proteínas que surgen como una respuesta fisiológica ante la exposición a metales pesados<sup>53</sup>.

Los moluscos presentan algunas características por las cuales son tomados como bioindicadores entre ellas:

1. Amplia distribución geográfica
2. Abundancia
3. Sedentarismo
4. Alimentación por filtración
5. Capacidad de bioacumular xenobióticos del agua y de los sedimentos
6. Resistencia a altas concentraciones de metales pesados<sup>51</sup>.

### 1.3.6. *Anadara Tuberculosa*

**Tabla 5.** Taxonomía de *Anadara tuberculosa*

Taxonomía	
<b>Reino</b>	Animalia
<b>Filo</b>	Mollusca
<b>Clase</b>	Bivalvia
<b>Orden</b>	Arcoida
<b>Género</b>	Anadara
<b>Familia</b>	Arcidae <sup>54</sup> .
<b>Especie</b>	<i>Anadara Tuberculosa</i>
<b>Fuentes:</b> Revista MVZ Córdoba <sup>54</sup> .	

Es un molusco bivalvo de la familia Arcidae, se encuentra estrechamente relacionada con el mangle rojo *Rhizophora mangle*<sup>55</sup>. Distribuida a lo largo de la costa oeste del pacífico, *Anadara Tuberculosa* es uno de los bivalvos más importantes debido a su valor comercial, su distribución abarca desde México hasta Perú, el nombre común varía por ejemplo, “en Ecuador es conocida como concha prieta y en otros lugares como en Costa Rica y Colombia es muy conocida como piangua” cuenta con un promedio de 78.9 mm de crecimiento<sup>56</sup>.

#### **1.4. Métodos de detección**

Para la determinación de arsénico actualmente existen varias metodologías, lo que diferencia a cada uno de ellos es el tipo de instrumentación que requieren, el costo, la preparación y cantidad de muestra, muchas de las metodologías son utilizadas en los laboratorios<sup>57</sup>, por otra parte las técnicas electroquímicas se caracterizan por la simplicidad, alta sensibilidad, buena estabilidad, instrumentación de bajo costo, dimensiones pequeñas y monitoreo en el sitio aportando cualitativa y cuantitativamente los niveles de diferentes metales<sup>58</sup>.

- ***Reacción de Gutzeit***

Método que se utiliza para determinar cualitativamente presencia o ausencia de arsénico, tiene de un límite de detección de 0.5 ug/l, en esta prueba se debe manifestar una coloración negra debido a la reacción de arsina u otros compuestos combinados con el arsénico que son reconocidos por el  $\text{NO}_3\text{Ag}$ <sup>59</sup>.

- ***Métodos espectrométricos***

Son métodos instrumentales que interfieren en la interacción electromagnética en conjunto con otras partículas de diversos analitos para la determinación cualitativa y cuantitativa del mismo, utiliza longitudes de onda entre 100 y 800nm específicamente con (ultra violeta - visible) basándose en las transiciones electrónicas entre orbitales

atómicos y moleculares <sup>60</sup>, así como el método de azul de molibdeno el cual es usado para determinar arsénico en aguas de procesamientos minerales auríferos donde miden la absorbancia en 660 nm <sup>61</sup>.

- ***Absorción Atómica***

La espectroscopia de absorción atómica es una técnica utilizada para la cuantificación de elementos químicos, se fundamenta en la propiedad de los átomos los cuales en presencia de energía pasan de su estado original a niveles de mayor energía para luego decaer, en estas transformaciones absorben o emiten energía en forma de luz que sirve para medir la concentración de la fase gaseosa de átomos siendo las muestras líquidas o solidas los átomos o iones de los analitos deben ser vaporizadas a la flama o en un horno de grafito los átomos absorben luz visible o ultravioleta y hacen transiciones a niveles de energía más altos, la concentración del analito es determinada por la cantidad de absorción <sup>62</sup>. Método usado por Yadira, Humberto, en la determinación de arsénico en el estero Huaylá provincia El Oro 2017 <sup>21</sup>.

- ***Absorción atómica con horno de grafito***

Transforma los elementos de una muestra de iones elementales en estado gaseoso por medio de la atomización usando energía electrotérmica en horno de grafito, lo que permite la absorción de luz <sup>60</sup>. Método aplicado por Eugenio, Cecilia G, Roberto en la determinación de metales pesados y arsénico en muestras del rio Reconquista, Buenos Aires, Argentina <sup>63</sup>.

- ***Electroquímica***

Se la define como la rama química relacionada con la interrelación de los efectos eléctricos y químicos, estos sistemas analizan los sistemas y factores que interfieren en el transporte de carga entre dos fases, generalmente electrolito- electrodo, en una reacción de reducción – oxidación existe un transporte de electrones entre dos semi reacciones,

una que se reduce y otra que se oxida, la corriente eléctrica que genera este sistema permite el estudio de las características de la reacción <sup>60</sup>.

## **1.5. Técnicas Electroquímicas**

### **1.5.1. Potenciostato/Galvanostato**

El  $\mu$ stat 400 es un Bipotenciostato/galvanostato de mano es para el uso de sensores electroquímicas o celdas electroquímicas, que es controlado por el software Dropview 8400 <sup>64</sup>.

El instrumento contiene un microprocesador que controla el potencial o la corriente aplicada al sensor y mide la respuesta actual o potencial <sup>64</sup>.

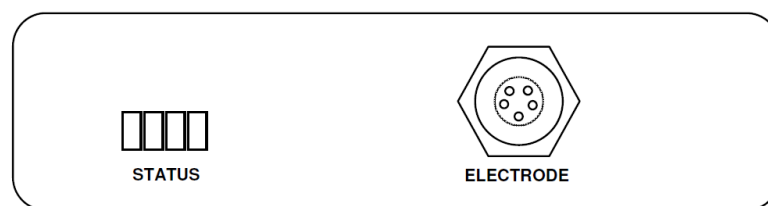
El  $\mu$ stat 400 es un Bipotenciostato/galvanostato el cuál se utiliza con sensores electroquímicos o celdas electroquímicas con tres electrodos: electrodo de trabajo, electrodo de referencia y electrodo auxiliar. Además se puede usar en modo bipotenciostato, con un sistema de dos electrodos de trabajo, un electrodo de referencia y un electrodo auxiliar <sup>64</sup>.

El  $\mu$ stat 400 se puede conectar a un PC a través de Bluetooth o mediante un cable USB <sup>64</sup>.

**Estado:** indicador de leds <sup>64</sup>.

- Verde: el instrumento  $\mu$ stat está encendido.
- Naranja: medición
- Rojo: nivel de batería bajo.
- Azul: Bluetooth Activado.

**Figura 3.** Parte frontal del potenciostato.



**Fuente:** Manual DropSens <sup>64</sup>.

**Código de los electrodos:**

- Rojo: electrodo de trabajo
- Negro: electrodo auxiliar
- Azul: electrodo de referencia

**Figura 4.** Conexión de equipo y electrodos.



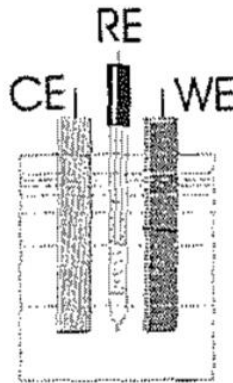
**1.5.2. Celda Electroquímica**

Es un sistema conformado por electrodos introducidos en un electrolito, el cual experimenta reacción de oxidación-reducción a su vez absorbe y genera corriente eléctrica. La celda consiste de tres electrodos: electrodo de trabajo WE (Working



Electrode), contra electrodo CE y electrodo de referencia RE o auxiliar (Reference Electrode)<sup>65</sup>.

**Figura 5.** Descripción de electrodos.



**Fuente:** Revista de ingenierías fisicomecánicas <sup>65</sup>.

### **1.5.3. Tipos de electrodos**

- *Electrodo de referencia*

Para un experimento es necesario contar con un electrodo con voltaje conocido, el más común es el Plata-Cloruro de Plata, formado por un hilo de plata (Ag) sobre el cual se deposita cloruro de plata (AgCl) mediante un proceso electroquímico en una solución cloruro de potasio (KCl) o cloruro de sodio, el hilo de plata actúa como ánodo, presenta un voltaje de +0.197V <sup>66</sup>.

- *Electrodo de trabajo*

En este electrodo es donde la reacción electroquímica toma lugar, está compuesto de un material inerte como oro, platino o cristal de carbón, se caracteriza por conectarse directamente al ánodo o al cátodo de la fuente de alimentación <sup>66</sup>.

- *Electrodo auxiliar*

Formado por un material conductor que completa el circuito eléctrico con el electrodo de trabajo, suele estar compuesto de un conductor inerte como platino o grafito <sup>66</sup>.

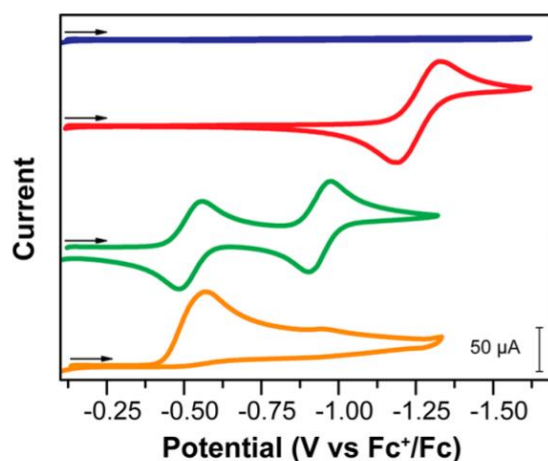
#### 1.5.4. La Voltamperometría

Es uno de los métodos electroanalíticos la cual es desarrollada a partir de la polarografía. En la voltamperometría cíclica se tiene como propósito la de verificar el potencial en cierto rango seleccionado de cierto electrodo que se encuentra dentro de una solución en reposo y proceder a medir la corriente que se obtiene. Las 4 señales más comunes que provocan una respuesta de corriente son, Barrido lineal, Impulso Diferencial Triangular y Onda cuadra <sup>65</sup>.

#### 1.5.5. Voltamperometría cíclica

Es una técnica electroquímica potente y popular empleado para las investigaciones de procesos de reducción y oxidación de especies moleculares, además estudia reacciones químicas iniciadas por transferencia de electrones, que incluyen catálisis <sup>67</sup>.

**Figura 6.** Breve descripción de respuestas encontradas en Voltamperometría cíclica.



**Fuente:** Journal of Chemical Education <sup>67</sup>.

### ***1.5.6. Voltamperometría de barrido lineal***

La Voltamperometría de barrido lineal es un método de determinación en línea se caracteriza por ser simple, rápida, estable, sensible, selectiva y precisa <sup>68</sup>, en experimentos electroquímicos mide la oxidación o reducción de un analito mediante una onda de potencial simple representando por un pico de corriente en amperios <sup>69</sup>.

## 2. MATERIALES Y METODOS

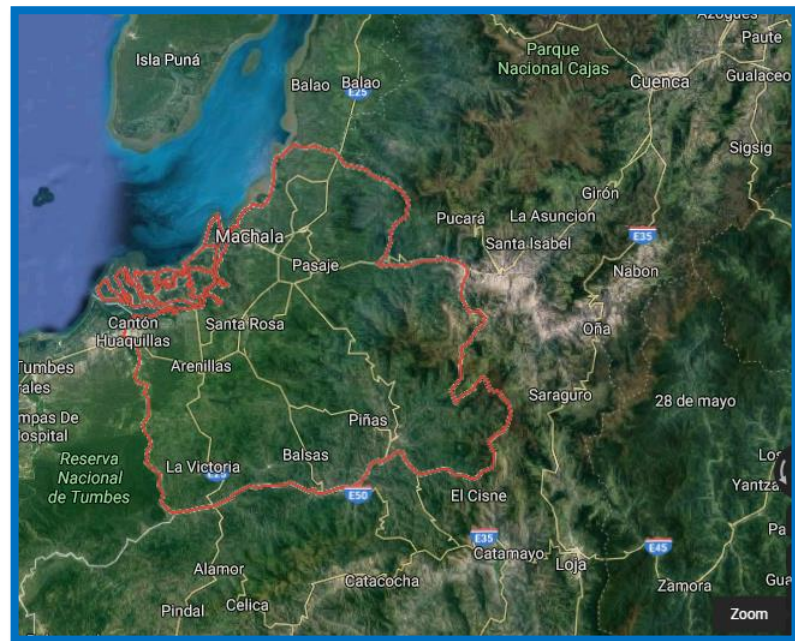
### 2.1. Tipo de Estudio

Estudio descriptivo y transversal.

### 2.2. Unidad de análisis

Para el análisis de *Anadara tuberculosa* se recolectaron bivalvos de 5 localidades de la provincia de El Oro entre ellas: manglares de Jambelí “El Bravito”, Playa Cocoviche, Puerto Jelí, camaroneras de Santa Rosa, y un lugar indeterminado en el comercio de la ciudad de Machala.

**Figura 7.** Mapa de la provincia de El Oro.



**Fuente:** Google maps <sup>70</sup>.

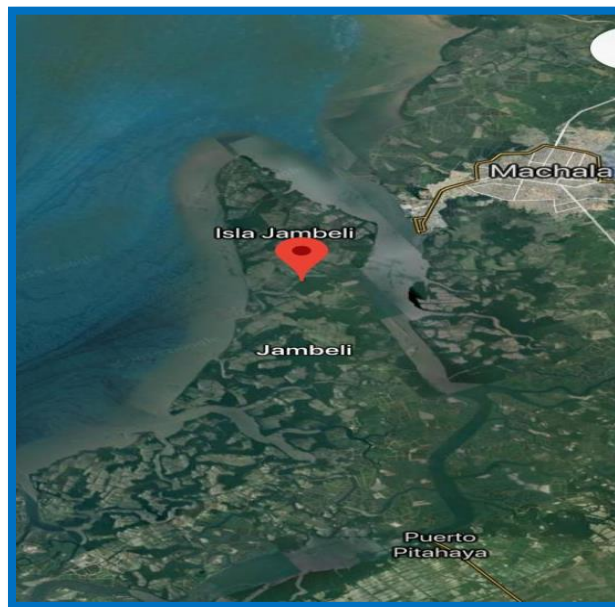
### 2.3. Universo de muestra

Se recolectaron muestras de bivalvos *Anadara tuberculosa* de 5 lugares distintos de la provincia de El Oro ya antes mencionados, de cada lugar se consiguió 20 muestras de las cuales se tomaron 10 muestras representativas de cada lugar dando como total 50 bivalvos a analizar.

### 2.4. Área de estudio

Las áreas de estudio fueron 5 localidades de la provincia de El Oro entre ellas tenemos: Archipiélago Jambelí, Manglar **El bravito**: Latitud -3,2802 y longitud -80.0424; **Puerto Jelí**: Latitud -3.4158283 y longitud -79.9944461; Playa **Cocoviche**: Latitud -3.2363283 y longitud -79.9842721; Camaroneras de **Santa Rosa**: Latitud -3.4635166 y longitud -79.9685078; urbe del comercio de **Machala**: Latitud -3.2518207 y longitud -79.9513775

*Figura 8. Manglar El Bravito, Jambelí.*



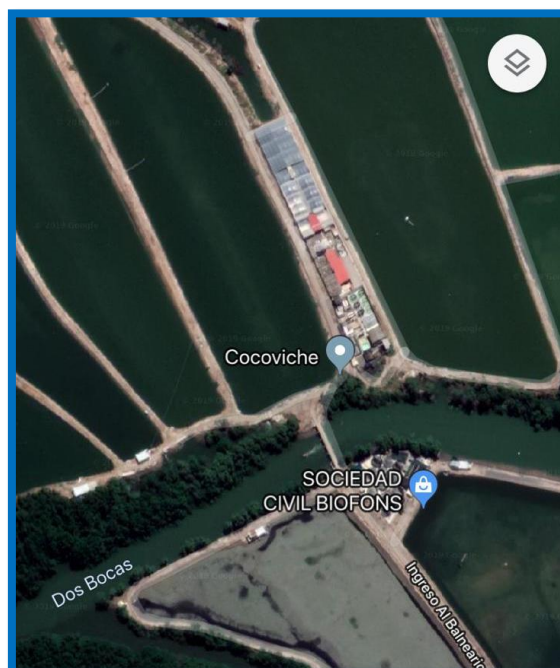
**Fuente:** Google maps <sup>71</sup>.

*Figura 9. Puerto Jeli.*



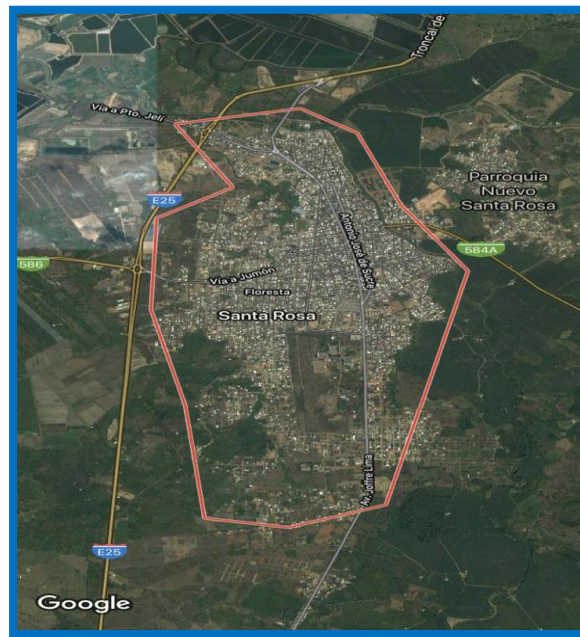
**Fuente:** Google maps <sup>71</sup>.

*Figura 10. Playa Cocoviche.*



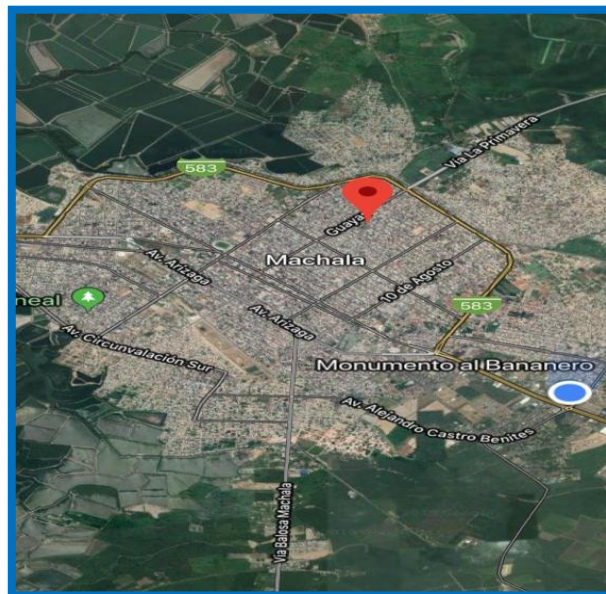
**Fuente:** Google maps <sup>71</sup>.

*Figura 11. Camaroneras de Santa Rosa.*



**Fuente:** Google maps <sup>71</sup>.

*Figura 12. Centro de la urbe de Machala.*



**Fuente:** Google maps <sup>71</sup>.

## 2.5. Materiales equipos y reactivos

### *Reactivos*

- Ácido Sulfúrico concentrado H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- Ácido Nítrico concentrado HNO<sub>3</sub>
- Acido perclórico concentrado HClO<sub>4</sub>
- Agua Desionizada
- Cloruro de Potasio (KCl)
- Patrón de Arsénico
- Ácido Clorhídrico

### *Materiales*

- Vasos de precipitación de (100 ml - 50ml – 10ml )
- Agitador.
- Espátula.
- Probeta PYREX.
- Pipetas de 5ml y 10ml
- Embudo
- Mortero
- Micropipetas automáticas LABMATE (5 µl – 100 µl).
- Frascos ámbar (60 ml- 100 ml).
- Frasco ámbar de 1000 ml
- Balones volumétricos (10 ml - 25 ml -100ml - 500 ml)
- Tubos de ensayo.
- Porta electrodo

### *Equipos*

- Potenciostato galvanostato µstat 400, Laptop LENOVO equipada con un software dropview 8400 µstat.



- Refrigeradora INDURAMA
- Balanza Analítica
- Cocineta
- Estufa

### ***Otros Materiales***

- Vasos recolectores de muestra
- Cuchillo
- Tabla para triturar
- Guantes quirúrgicos
- Mascarillas gruesas
- Fundas herméticas
- Cooler
- Papel absorbente
- Jeringa
- Gradilla

### ***Soluciones Buffers***

- Buffer de HCL 0.2 M
- Solución patrón 5 ppm y HCL0.2M
- HNO<sub>3</sub> 0.1M

## **2.6. Recolección de muestras**

La recolección de muestra se dieron en 5 sitios diferentes, para el muestreo en el manglar El Bravito se viajó en lancha hasta los manglares pertenecientes a Jambelí con la ayuda del señor Jimin Vera vicepresidente de la asociación marítima en donde fueron recolectados moluscos de caracterización Bivalvos *Anadara Tuberculosa* más conocida como “Concha prieta” o “Concha Negra”.

Para la recolección de muestras de los demás sitios como: Puerto Jelí, Playa Cocoviche, centro de Machala y Santa Rosa nos movilizamos en auto.

### ***2.6.1. Protocolo para toma de muestra***

1. Las muestras son recolectadas y lavadas con agua desionizada para evitar contaminación.
2. Se procede a lavarlas con una solución de ácido Nítrico al 1%
3. Luego fueron guardadas en fundas herméticas para ser almacenadas en un cooler bajo 4 °C
4. Para ser transportadas al laboratorio de investigación de Electroquímica de la Unidad académica de Ciencias Químicas y de la Salud en la Universidad Técnica de Machala.

## **2.7. Análisis de los moluscos**

### ***2.7.1. Preparación de las muestras***

1. Las muestras fueron Pesadas y medidas
2. Luego se separó las valvas de los tejidos blandos internos
3. Se las trituró y se pesó 1 gr en una balanza analítica para luego proceder a la digestión.

### ***2.7.2. Digestión de la muestra***

1. Se realiza la digestión de las muestras donde se pesa 1 g de muestra, utilizando un beacker de 50 ml.
2. Luego se añade 5 ml de ácido nítrico concentrado y 5 ml de ácido sulfúrico concentrado.
3. se procedió a cubrir con luna de reloj y se dejó hervir durante 50 minutos con intención de oxidar el material de estudio.
4. Luego se procedió a enfriar y se agregó 10 ml de ácido nítrico concentrado y nuevamente se lleva a una temperatura alta hasta que la solución se torne oscura,

se retira, se enfría y se adiciona peróxido de hidrógeno 2 ml, repitiendo la operación hasta que la solución se torne clara.

5. Luego se lleva a un balón volumétrico de 50 ml donde se agregó agua desionizada, se aforó obteniendo así la solución para su respectivo análisis.

## **2.8. Técnica Operativa**

### **Método utilizado**

- Potenciostato galvanostato  $\mu$ stat 400
- Voltamperometría de barrido lineal (Lecturas)
- Voltamperometría cíclica (Limpieza)

### ***2.8.1. Preparación de las soluciones***

#### **Buffer HCL 0.2M**

Se agrega en un balón volumétrico de 500 ml 8.8028 ml de HCL concentrado y se adiciona ligeramente agua desionizada hasta aforar correctamente, luego se homogeniza y se vierte a un recipiente o frasco color ámbar, se rotula.

#### **Solución HNO<sub>3</sub> 0.1M para limpieza de electrodos**

Se agrega en un balón volumétrico de 500 ml 4.62 ml de HNO<sub>3</sub> concentrado y se adiciona ligeramente agua desionizada hasta aforar correctamente, luego se homogeniza y se vierte en un recipiente o frasco color ámbar finalmente se rotula.

### *2.8.2. Preparación de las muestras a analizar*

#### **Muestra de Manglar Bravito**

Se tomó de la muestra digerida 1027 ug de solución y se aforó en un balón volumétrico de 25ml con electrolito HCL 0.2 M.

#### **Muestra de Puerto Jelí**

Se tomó de la muestra digerida 1123 ug de solución y se aforó en un balón volumétrico de 25ml con electrolito HCL 0.2 M.

#### **Muestra de Playa Cocoviche**

Se tomó de la muestra digerida 1054 ug de solución y se aforó en un balón volumétrico de 25ml con electrolito HCL 0.2 M.

#### **Muestra de local de la Urbe de Machala**

Se tomó de la muestra digerida 1168 ug de solución y se aforó en un balón volumétrico de 25ml con electrolito HCL 0.2 M.

#### **Muestra de camaronera de Santa Rosa**

Se tomó de la muestra digerida 1409 ug de solución y se aforó en un balón volumétrico de 25ml con electrolito HCL 0.2 M.

### *2.8.3. Curva de calibración*

#### **Preparación de patrones**

Para la preparación de patrones de arsénico para concentraciones de 250 ppb, 500 ppb, 750 ppb, 1000 ppb, 1500 ppb se agregó:

*Tabla 6. Descripción de patrones*

<b>Concentración</b>	<b>Patrón + Electrolito</b>	
250 ppb	1.25 ml de patrón de As	HCl 0.2M
500 ppb	2.5 ml de patrón de As	HCl 0.2M
750 ppb	3.75 ml de patrón de As	HCl 0.2M
1000 ppb	5 ml de patrón de As	HCl 0.2M
1500 ppb	7.5 ml de patrón de As	HCl 0.2M

Los patrones se prepararon al instante antes de ejecutar las lecturas en el equipo, para ello se realiza 2 lecturas de cada concentración. Luego de formar la curva de calibración se procede a leer las muestras a analizar.

#### **2.8.4. Soluciones auxiliares**

##### **Solución de Ácido Nítrico**

Se utiliza para las limpiezas de materiales dentro del laboratorio <sup>12</sup>.

##### **Solución de Nanotubos de Carbono**

Es un amplificador de las señales al aumentar el área de contacto del electrodo con la solución en la celda por los puertos cavernosos de nanotubos de Carbono <sup>12</sup>.

#### **2.8.5. Metodología**

- Todos los experimentos electroquímicos fueron realizados con un potenciostato/galvanostato 400  $\mu$ stat de la marca DropSens con un software interfaz humana Dropview 8400 (España) <sup>12</sup>.
- El electrodo de Oro debe contener nanotubos de carbono el cual se aplica un agota con la ayuda de una micropipeta y se deja secar por lo menos 2 horas aproximadamente.

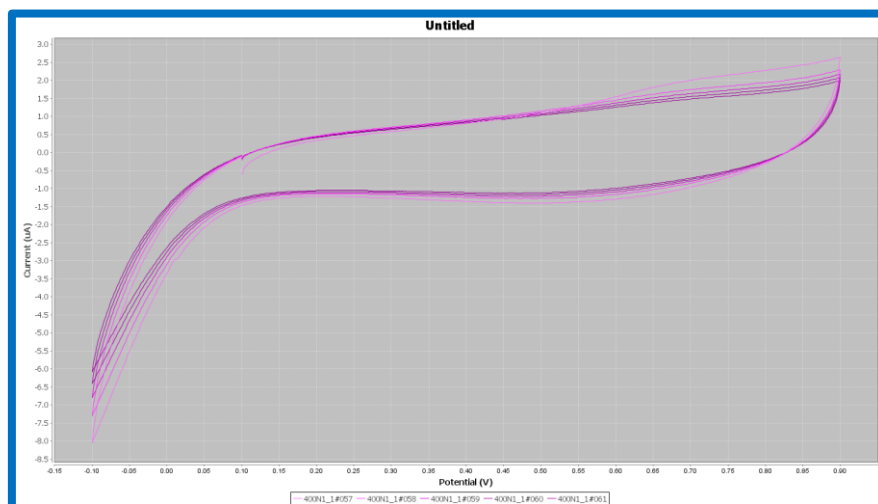
- Se utiliza en una celda electroquímica de 10 ml, un sistema de tres electrodos convencionales conformados por electrodo de Oro como electrodo de trabajo, Plata/Cloruro de Plata sumergido en una solución de KCl saturada, como electrodo de referencia y un alambre de Platino como electrodo auxiliar de la marca allchemie (China) <sup>12</sup>.

## 2.9. Limpieza de los electrodos

1. Una vez instalado el Potenciostato y los electrodos de manera correcta se procede a realizar la primera limpieza, se coloca en la celda de 10 ml HNO<sub>3</sub> 0.1 M con técnica de voltamperometría cíclica y los siguientes parámetros.

<b>Pretreatment</b>	
Econd	0V
tcond	0s
Edep	0V
tdep	0s
tequil	10s
<b>Measurement</b>	
Estep	0.002v
Srate	0.05 v/s
nscans	6
<b>Multich. Params</b>	
Ebegein	0.1v
Evtx1	1v
Evtx2	-0.4v

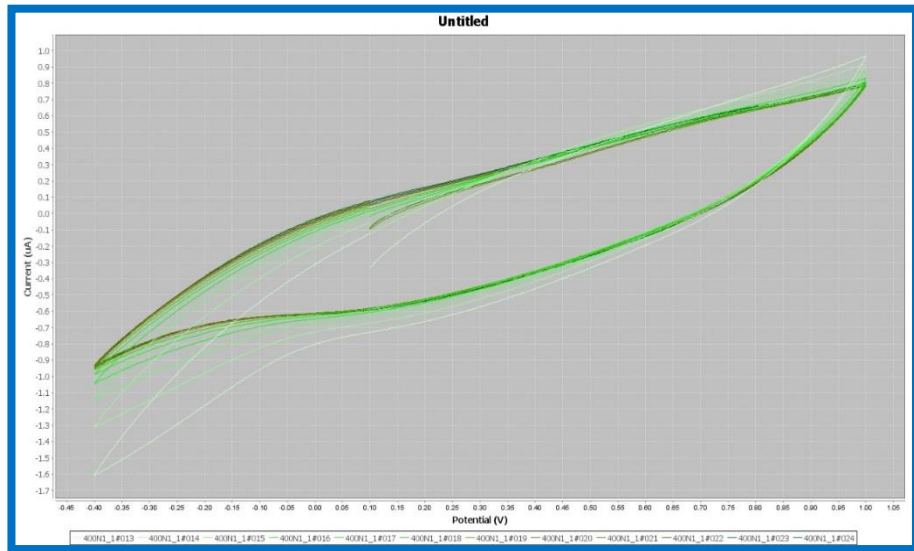
**Figura 13.** Limpieza de electrodos con  $HNO_3$  0.1M.



2. A continuación se realizó limpieza con agua desionizada con técnica de voltamperometría cíclica usando los siguientes parámetros.

<b>Pretreatment</b>	
Econd	0V
tcond	0s
Edep	0V
tdep	0s
tequil	10s
<b>Measurement</b>	
Estep	0.002v
Srate	0.05 v/s
nscans	6
<b>Multich. Params</b>	
Ebegein	0.1v
Evtx1	1v
Evtx2	-0.4v

**Figura 14.** Limpieza de electrodos con agua desionizada.

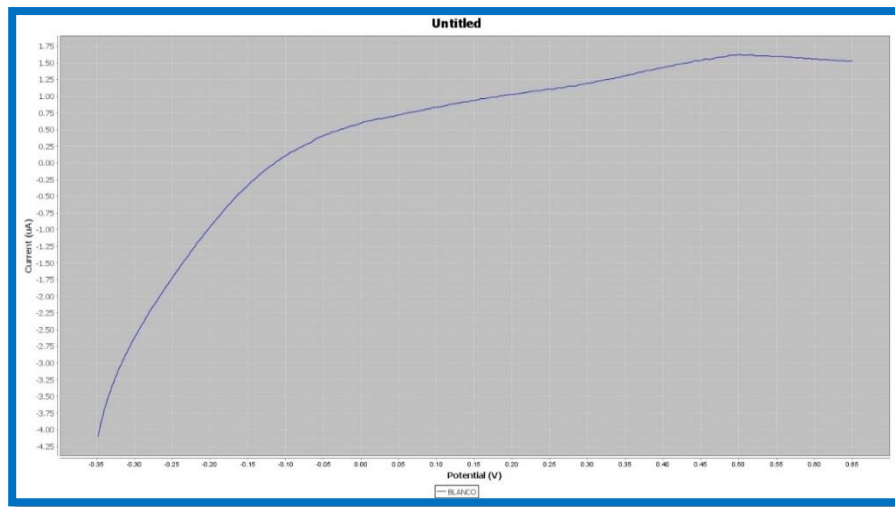


3. Luego de realizar las dos primeras limpiezas se procedió a realizar lectura de electrolito HCL0.2N también denominado blanco, con técnica de Barrido lineal con los siguientes parámetros.

<b>Pretreatment</b>	
Econd	0V
tcond	0s
Edep	-0.35V
tdep	10s
tequil	10s
<b>Measurement</b>	
Estep	0.002v
Srate	0.04 v/s
nscans	1
<b>Multich. Params</b>	
Ebegein	0.35v
Eend	0.65v



**Figura 15. Lectura de electrolito.**

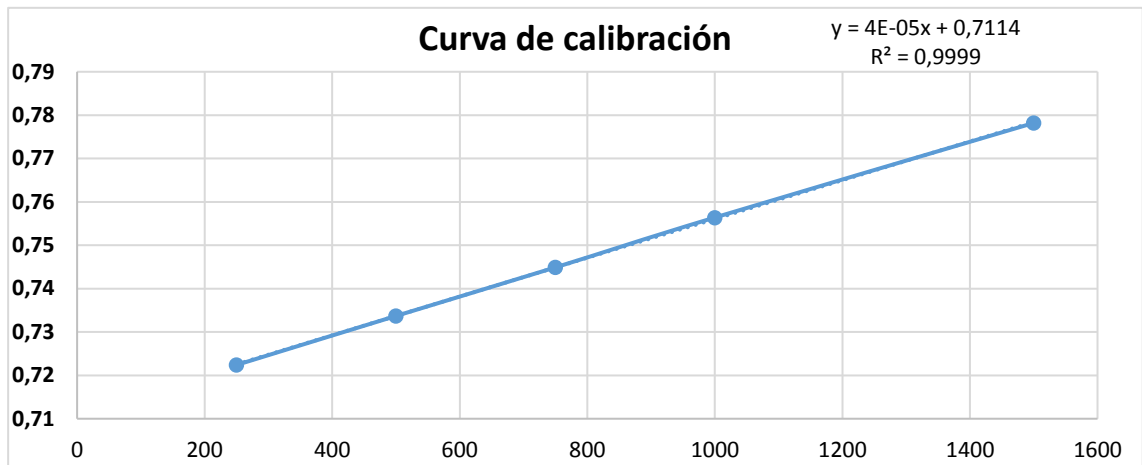


### 2.10. Lectura de patrones (curva de calibración)

Para la formación de curva de calibración se hizo lectura de los patrones ya preparados, de forma ascendente de 250 ppb, 500 ppb, 750 ppb, 1000 ppb, 1500 ppb, con técnica de barrido lineal con los siguientes parámetros.

<b>Pretreatment</b>	
Econd	0V
Tcond	0s
Edep	-0.35V
Tdep	10s
tequil	10s
<b>Measurement</b>	
Estep	0.002v
Srate	0.04 v/s
nscans	1
<b>Multich. Params</b>	
Ebegein	0.35v
Eend	0.65v

**Figura 16.** Curva de calibración.



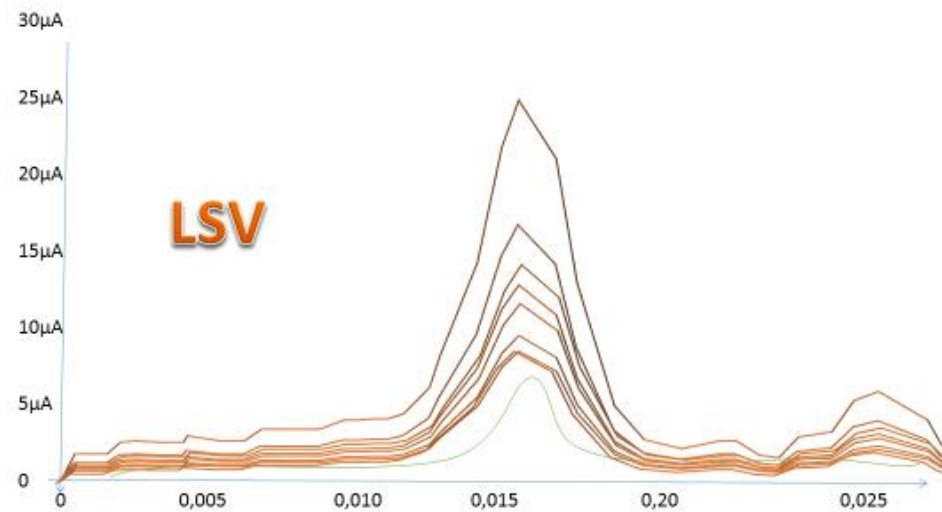
### 2.11. Lectura de muestras a analizar

Ya formada la curva de calibración se realizó las lecturas de las 50 muestras, se usó técnica de Barrido Lineal con los siguientes parámetros.

#### Condiciones Electroquímicas

<b>Pretreatment</b>	
Econd	0V
Tcond	0s
Edep	-0.35V
Tdep	10s
tequil	10s
<b>Measurement</b>	
Estep	0.002v
Srate	0.04 v/s
nscans	1
<b>Multich. Params</b>	
Ebegein	0.35v
Eend	0.65v

**Figura 17.** Lectura de muestras en Potenciostato.



**Descripción:** Lectura de muestras del manglar el bravito realizada por el método de Voltamperometría de Barrido lineal

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. RESULTADOS

Figura 18. Lectura de Muestras “El Bravito”.

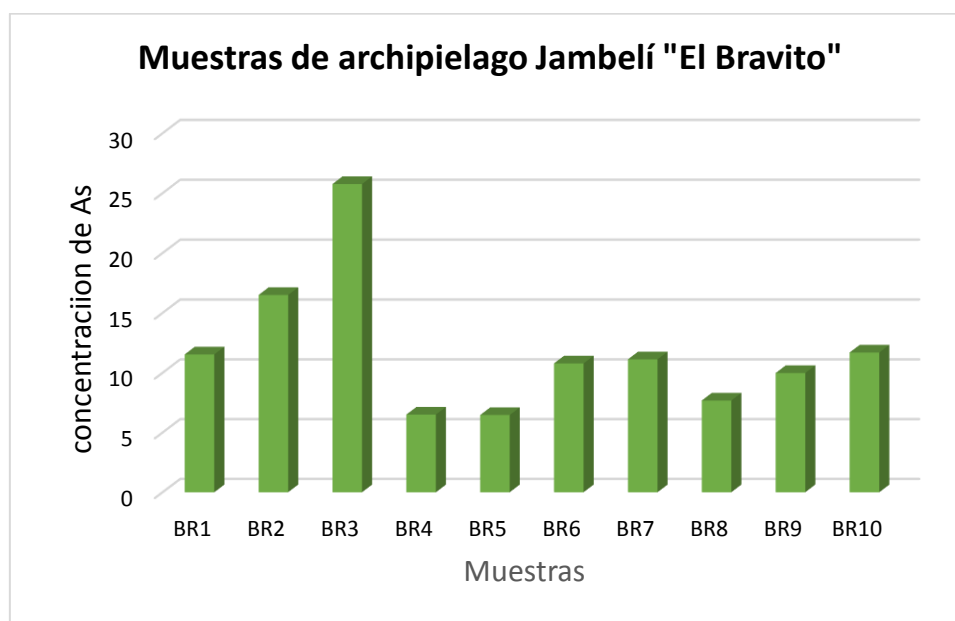
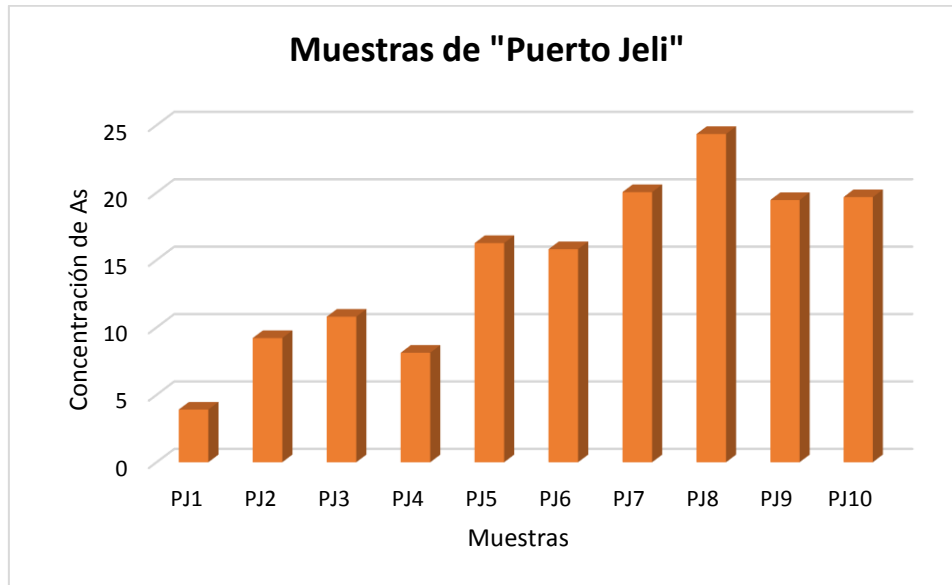


Tabla 7. Resultados de concentración de As

Muestras	BR1	BR2	BR3	BR4	BR5	BR6	BR7	BR8	BR9	BR10
Media	11,53	16,49	25,75	6,49	6,46	10,78	11,11	7,67	9,97	11,69

**Descripción:** Por medio de la técnica barrido lineal se leyeron 10 muestras de *Anadara tuberculosa* del sitio de Manglar de archipiélago Jambelí “El Bravito” por triplicado, el cual arrojó un resultado de mayor concentración de As en la muestra número #3 (BR3) con 25,75 mg de concentración de arsénico.

**Figura 19.** Lectura de muestras de “Puerto Jeli”.

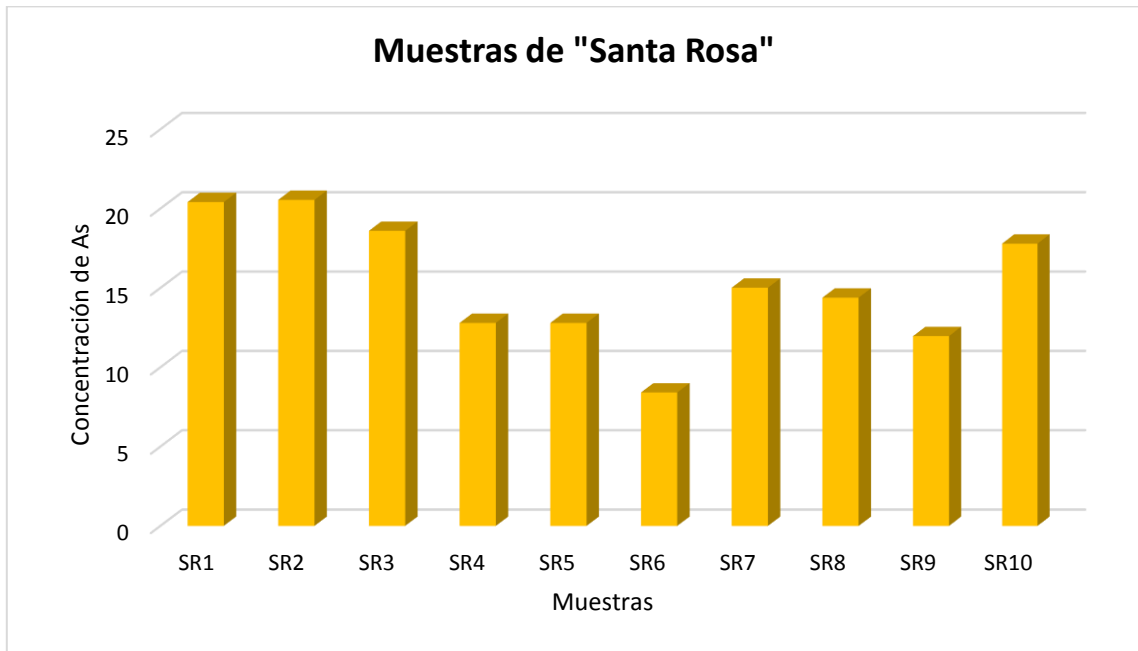


**Tabla 8.** Resultados de concentración de As.

Muestras	PJ1	PJ2	PJ3	PJ4	PJ5	PJ6	PJ7	PJ8	PJ9	PJ10
Media	3,90	9,21	10,79	8,12	16,25	15,80	20,03	24,34	19,45	19,66

**Descripción:** Por medio de la técnica barrido lineal se leyeron 10 muestras de *Anadara tuberculosa* del sitio “Puerto Jeli” por triplicado, el cual arrojó un resultado de mayor concentración de As en la muestra número #8 (PJ8) con 24,34 mg de concentración de arsénico.

**Figura 20.** Lectura de muestras de “Santa Rosa”.

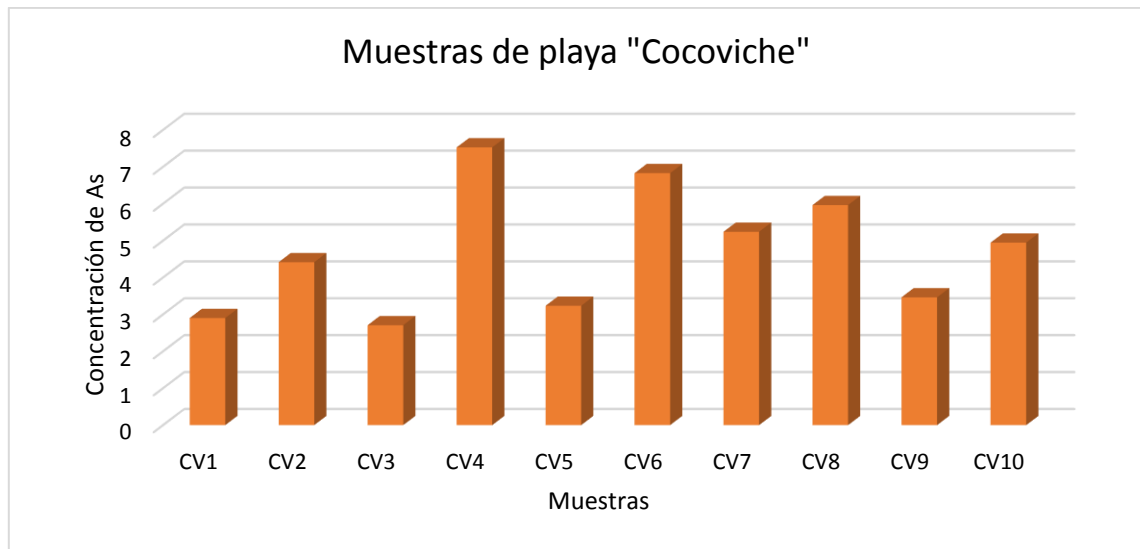


**Tabla 9.** Resultados de concentración de As.

Muestras	SR1	SR2	SR3	SR4	SR5	SR6	SR7	SR8	SR9	SR10
Media	20,41	20,55	18,6	12,79	12,79	8,41	15,01	14,38	11,96	17,79

**Descripción:** Por medio de la técnica barrido lineal se leyeron 10 muestras de *Anadara tuberculosa* del sitio camaroneras ubicadas en el cantón “Santa Rosa” por triplicado, el cual arrojó un resultado de mayor concentración de As en la muestra número #2 (SR2) con 20,55 mg de concentración de arsénico.

**Figura 21.** Lectura de Muestra playa “Cocoviche”.

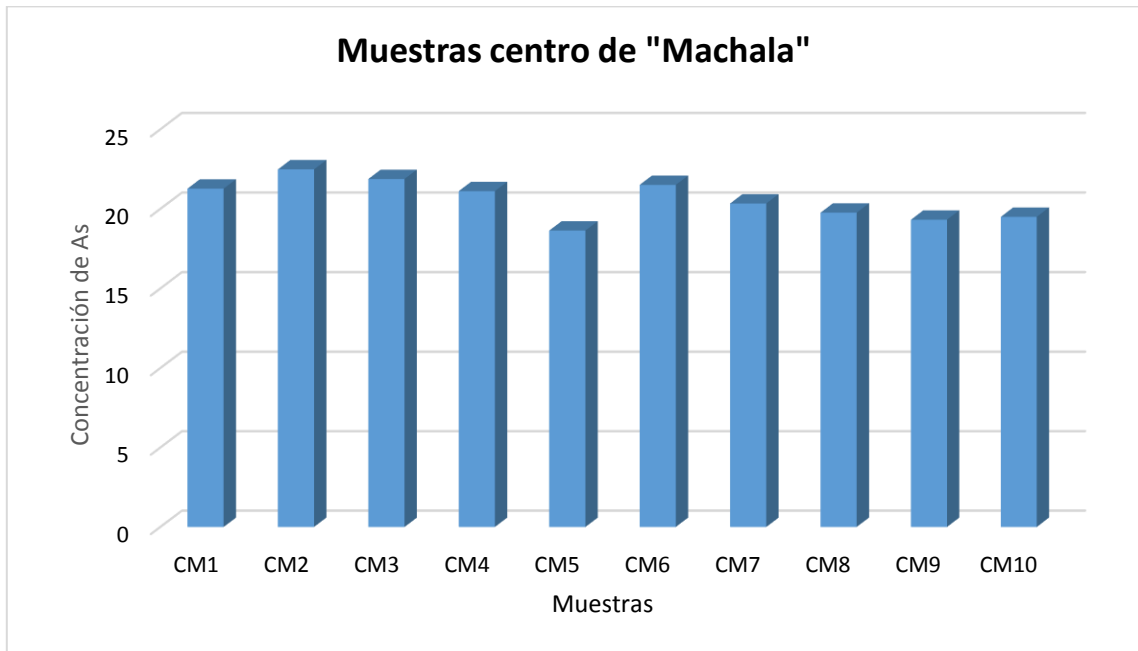


**Tabla 10.** Resultados de concentración de As.

Muestras	CV1	CV2	CV3	CV4	CV5	CV6	CV7	CV8	CV9	CV10
Media	2,90	4,41	2,70	7,52	3,23	6,82	5,24	5,96	3,46	4,94

**Descripción:** Por medio de la técnica barrido lineal se leyeron 10 muestras de *Anadara tuberculosa* del sitio playa “Cocoviche” por triplicado, el cual arrojó un resultado de mayor concentración de As en la muestra número #4 (CV4) con 7,52 mg de concentración de arsénico.

**Figura 22.** Lectura de Muestras centro de “Machala”.



**Tabla 11.** Resultados de concentración de As.

Muestras	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Media	21,27	22,48	21,87	21,11	18,63	21,50	20,33	19,76	19,32	19,50

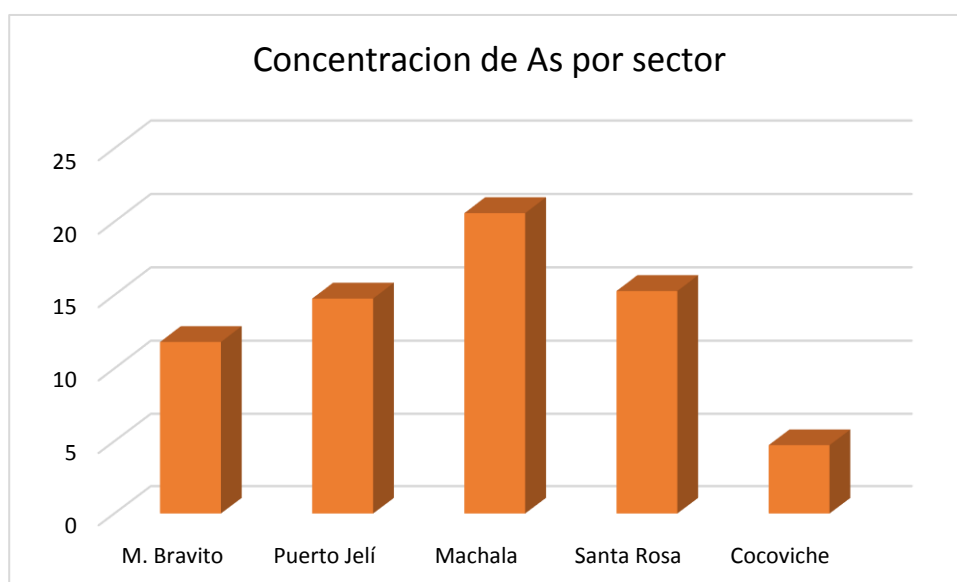
**Descripción:** Por medio de la técnica barrido lineal se leyeron 10 muestras de *Anadara tuberculosa* de la urbe de “Machala” por triplicado, en el cual arrojó un resultado de mayor concentración de As en la muestra número #2 (CM2) con 22,48 mg de concentración de arsénico.



## IDENTIFICACIÓN DE MAYOR CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO POR SITIOS DE MUESTREO

Se tomó en cuenta la muestra con más concentración de arsénico de los 5 sitios diferentes de la Provincia de el Oro.

*Figura 23. Resultados con mayor concentración de As.*



*Tabla 12. Resultados de análisis por sector.*

Sitios	M. Bravito	Puerto Jelí	Machala	Santa Rosa	Cocoviche
Concentración	11.80 mg	14.75 mg	20.58 mg	15.27 mg	4.72 mg

**Descripción:** En la tabla de concentración de arsénico de los 5 puntos de muestreo de recolección de muestra de bivalvos *Anadara tuberculosa* describe, que el promedio más alto de concentración de arsénico fueron las muestras pertenecientes a la urbe del centro de Machala presentando 20,58 mg/kg.

**Comparación de niveles de arsénico en *Anadara tuberculosa* y los límites permitidos según Codex Alimentarius FAO/OMS y la norma técnica ecuatoriana NTE 0009:2008**

*Tabla 13. Comparación de niveles de arsénico de muestras “El Bravito”.*

<b>Muestreo de manglar “El Bravito”</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Método</b>	<b>Resultado de As (mg/kg)</b>	<b>Límite de As en mariscos según el Codex Alimentarius FAO/OMS</b>	<b>Criterio</b>
<b>BR1</b>	Arsénico	LSV	11,53	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>BR2</b>	Arsénico	LSV	16,49	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>BR3</b>	Arsénico	LSV	25,75	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>BR4</b>	Arsénico	LSV	6,49	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>BR5</b>	Arsénico	LSV	6,46	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>BR6</b>	Arsénico	LSV	10,78	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>BR7</b>	Arsénico	LSV	11,11	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>BR8</b>	Arsénico	LSV	7,67	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>BR9</b>	Arsénico	LSV	9,97	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>BR10</b>	Arsénico	LSV	11,69	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>

**Descripción:** Se comparó los niveles de arsénico obtenido mediante la técnica (LSV) del punto de muestreo “El Bravito” y los límites que permite el Codex Alimentarius FAO/OMS.

**Tabla 14.** Comparación de niveles de arsénico de muestras “Puerto Jeli”.

<b>Muestreo “Puerto Jeli”</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Método</b>	<b>Resultado de As (mg/kg)</b>	<b>Límite de As en mariscos según el Codex Alimentarius FAO/OMS</b>	<b>Criterio</b>
<b>PJ1</b>	Arsénico	LSV	3,90	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>PJ2</b>	Arsénico	LSV	9,21	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>PJ3</b>	Arsénico	LSV	10,79	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>PJ4</b>	Arsénico	LSV	8,12	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>PJ5</b>	Arsénico	LSV	16,25	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>PJ6</b>	Arsénico	LSV	15,80	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>PJ7</b>	Arsénico	LSV	20,03	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>PJ8</b>	Arsénico	LSV	24,34	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>PJ9</b>	Arsénico	LSV	19,45	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>PJ10</b>	Arsénico	LSV	19,66	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>

**Descripción:** Se comparó los niveles de arsénico obtenidos mediante la técnica (LSV) del punto de muestreo “Puerto Jeli” y los límites que permite el Codex Alimentarius FAO/OMS.

*Tabla 15. Comparación de niveles de arsénico de muestras “Santa Rosa”.*

<b>Muestreo “Santa Rosa”</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Método</b>	<b>Resultado de As (mg/kg)</b>	<b>Límite de As en mariscos según el Codex Alimentarius FAO/OMS</b>	<b>Criterio</b>
<b>SR1</b>	Arsénico	LSV	20,41	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>SR2</b>	Arsénico	LSV	20,55	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>SR3</b>	Arsénico	LSV	18,60	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>SR4</b>	Arsénico	LSV	12,79	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>SR5</b>	Arsénico	LSV	12,79	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>SR6</b>	Arsénico	LSV	8,41	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>SR7</b>	Arsénico	LSV	15,01	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>SR8</b>	Arsénico	LSV	14,38	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>SR9</b>	Arsénico	LSV	11,96	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>SR10</b>	Arsénico	LSV	17,79	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>

**Descripción:** Se comparó los niveles de arsénico obtenidos mediante la técnica (LSV) del punto de muestreo “Santa Rosa” y los límites que permite el Codex Alimentarius FAO/OMS.

**Tabla 16.** Comparación de niveles de arsénico de muestras “Cocoviche”.

<b>Muestreo de playa “Cocoviche”</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Método</b>	<b>Resultado de As (mg/kg)</b>	<b>Límite de As en mariscos según el Codex Alimentarius FAO/OMS</b>	<b>Criterio</b>
<b>CV1</b>	Arsénico	LSV	2,90	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>CV2</b>	Arsénico	LSV	4,41	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>CV3</b>	Arsénico	LSV	2,70	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>CV4</b>	Arsénico	LSV	7,52	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>CV5</b>	Arsénico	LSV	3,23	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>CV6</b>	Arsénico	LSV	6,82	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>CV7</b>	Arsénico	LSV	5,24	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>CV8</b>	Arsénico	LSV	5,96	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>CV9</b>	Arsénico	LSV	3,46	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>CV10</b>	Arsénico	LSV	4,94	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>

**Descripción:** Se comparó los niveles de arsénico obtenidos mediante la técnica (LSV) del punto de muestreo “Cocoviche” y los límites que permite el Codex Alimentarius FAO/OMS.

**Tabla 17.** Comparación de niveles de arsénico de muestras de la urbe de “Machala”.

<b>Muestreo de centro de “Machala”</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Método</b>	<b>Resultado de As (mg/kg)</b>	<b>Límite de As en mariscos según el Codex Alimentarius FAO/OMS</b>	<b>Criterio</b>
<b>CM1</b>	Arsénico	LSV	21,27	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>CM2</b>	Arsénico	LSV	22,48	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>CM3</b>	Arsénico	LSV	22,48	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>CM4</b>	Arsénico	LSV	21,11	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>CM5</b>	Arsénico	LSV	18,63	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>CM6</b>	Arsénico	LSV	21,50	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>CM7</b>	Arsénico	LSV	20,33	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>CM8</b>	Arsénico	LSV	19,76	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>CM9</b>	Arsénico	LSV	19,32	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>
<b>CM10</b>	Arsénico	LSV	19,50	<b>0.015</b>	<b>Exceso</b>

**Descripción:** Se comparó los niveles de arsénico obtenidos mediante la técnica (LSV) del punto de muestreo “Machala” y los límites que permite el Codex Alimentarius FAO/OMS.

### 3.2. DISCUSIÓN

Antes de iniciar con la presente investigación se realizó un ensayo como proyecto de asignatura en el que se determinó cualitativamente la presencia de arsénico (As) en muestras de molusco bivalvos *Anadara tuberculosa* mediante la técnica de reacción de Gutzeit obteniendo resultados positivos característicos de presencia de arsénico, para la confirmación de este ensayo se envió a analizar la misma muestra por absorción atómica la cual obtuvo 24.33 mg/kg de arsénico total. Ya que se descubrió y se confirmó la presencia de este elemento en *Anadara tuberculosa*, se decide profundizar la investigación cuantificando la concentración de arsénico inorgánico As (III) mediante la técnica de voltamperometría de barrido lineal.

Para la obtención de concentración de As se realizó limpieza con metodología de voltamperometría cíclica, con sustancias preparadas de HNO<sub>3</sub> 0.1 M y agua desionizada, se usó electrolito de HCL 0.2M para formar la curva de calibración los parámetros utilizados fueron: Pretreatment de Econd 0V, tcond 0s, Edep -0.35V, tdep 10s, tequil 10s, Measurement de Estep 0.002v, Srate 0.04 v/s, nscans 1, Multich. Params de Ebegein 0.35v, Eend 0.65v, con la metodología de barrido lineal obteniendo lectura con un potencial de oxidación de 0.016 V. Por el método de (ASV) voltamperometría de redisolución anódica determina As en un potencial cercano al presente estudio <sup>72</sup>.

En la **Figura 18** se observa los resultados de las concentraciones de las 10 muestras analizadas pertenecientes al archipiélago de Jambelí manglar “El Bravito”, se realizó lecturas por triplicado mediante el método de voltamperometría de barrido lineal, el promedio con mayor concentración de arsénico fue de 25,75 mg/Kg y la concentración menor de As fue de 7,67 mg/Kg todos los resultados se pasan de los parámetros máximos permisibles según el Codex Alimentarius FAO/OMS <sup>41</sup>. La concentración promedio de As en estudios de estero Huayla va desde 1.55 mg/kg hasta 1.43 mg/kg <sup>73</sup>.

La **figura 19** establece las concentraciones encontradas de las 10 muestras analizadas del lugar Puerto Jelí, el promedio de análisis por triplicado dio un resultado de mayor concentración de 24,34 mg/Kg, y de menor concentración 3,90 mg/Kg, las 10 muestras sobrepasan los límites establecidos por Codex Alimentarius FAO/OMS <sup>41</sup>. Análisis realizados en la Universidad Técnica de Machala coinciden determinando altos niveles de arsénico en La puntilla, Jambelí y Pto. Bolívar <sup>74</sup>.

La **Figura 20** arroja resultados de muestras recolectadas de camarónicas pertenecientes a Santa Rosa, según la cuantificación y el promedio de los valores por triplicado la mayor concentración que se obtuvo de este lugar es de 20,55 mg/Kg y la menor concentración es de 8,41mg/kg al igual que las demás muestras están fuera del rango permitido por Codex Alimentarius FAO/OMS <sup>41</sup>, la revista UNEMI reporta valores de 15.48 mg/kg fueron determinados mediante espectrofotometría de absorción atómica en estero perteneciente a Santa Rosa <sup>21</sup>.

La **figura 21** presenta concentraciones pertenecientes a los análisis de las muestras de la playa Cocoviche, se obtuvo resultados del promedio de concentración desde 7.52 mg/Kg hasta 2.70 mg/Kg las 10 muestras analizadas de este punto de muestreo presentaron resultados fuera del límite permisible por el Codex Alimentarius FAO/OMS <sup>41</sup>. Por otra parte Pardo en el 2012 determino niveles elevados de 78.11 mg/kg de As <sup>73</sup>.

En la **Figura 22** se puede determinar que el resultado con mayor concentración de arsénico en *Anadara tuberculosa* del centro de la urbe fue de 22,48 mg/kg y de menor concentración 18,63 mg/kg, que en consecuencia las muestras analizadas se ven fuera de los límites permitidos según el Codex Alimentarius FAO/OMS <sup>41</sup>.

Se realizó una identificación de alta concentración de arsénico categorizado por sectores, como se había establecido son 5 puntos de muestreo en el cual las muestras con mayor presencia de arsénico fueron las muestras recolectadas del centro de la urbe de la ciudad de Machala con el promedio de 20,58 mg/kg, se han realizado estudios en el archipiélago de Jambelí y mediante otras metodologías el nivel de arsénico sobrepasa los niveles en Bivalvos <sup>21</sup>. Páez y Álvarez, determinaron concentración de arsénico usando moluscos bivalvos como biomarcadores encontró variaciones entre 0.48 a 0.531 mg/kg de arsenobetaína en el golfo de california <sup>75</sup>.

En la comparación de cada una de las concentraciones frente a los límites de As en mariscos según el Codex Alimentarius en conjunto FAO/OMS, se declaró que el 100% de las muestras contienen arsénico inorgánico (III) que sobrepasan los rangos establecidos por las normas internacionales. Así mismo existe la presencia de más contaminantes orgánicos en *Anadara tuberculosa* según Hayde Mendoza en su estudio propone que si se supera valores de 1 debe ser considerado de alto riesgo ya que presentaría graves problemas al ser consumidos por infantes y mujeres de 50 y 60 kg <sup>76</sup>.



#### 4. CONCLUSIÓN

La cuantificación de concentración de arsénico inorgánico As (III) en muestras de bivalvos *Anadara tuberculosa*, recolectadas de 5 localidades de la provincia de El Oro, se aplicó el protocolo de la norma INEN 980:2013 para la digestión y preparación del analito en estudio. Las 50 muestras se procesaron por el método de voltamperometría de barrido lineal (LSV), obteniendo resultados del 100% de las muestras fuera de los límites establecidos por el Codex Alimentarius y FAO/OMS.

La concentración de arsénico inorgánico As (III) mediante (LSV) en bivalvos recolectados en distintos lugares de la provincia de El Oro obtuvieron los siguientes promedios: Urbe de Machala 20,58 mg/kg, Santa Rosa con 15,27 mg/kg, Puerto Jelí arrojó 14,75 mg/kg, El Bravito 11,80 mg/kg y Cocoviche 4.72 mg/kg.

La mayor concentración de As (III) en las muestras analizadas fueron los pertenecientes a la urbe del centro de la ciudad de Machala, siendo preocupante el consumo de este alimento ya que no solo es comercializado en los puntos de muestreos analizados, sino también en diversos lugares de la provincia y de la región costa Ecuatoriana.

Los niveles de arsénico As (III) en bivalvos *Anadara tuberculosa* de la Provincia de El Oro comparados con los parámetros establecidos por las normas del Codex Alimentarius y FAO/OMS, demuestran que todas las muestras analizadas sobrepasan los niveles permisibles 0.015mg/kg, por lo que recomendamos a la población no consumir estas especies en grandes porciones ya que puede acarrear problemas graves de salud.

## 5. RECOMENDACIONES

- Es recomendable tener previo conocimiento de las técnicas que se van a emplear y así obtener mejores resultados.
- Se sugiere conseguir los reactivos necesarios para el desarrollo de la investigación con anticipación y así mismo se debe conseguir un lugar adecuado en donde realizar procedimientos en el que se utilicen ácidos fuertes.
- Es necesario y fundamental el uso del equipo de protección personal, en especial la mascarilla en procesos de digestión de muestras.
- Se sugiere a futuras investigaciones realizar análisis en *Anadara tuberculosa* de concentración de arsénico categorizando lugar, peso y talla.

## 6. ANEXOS

*Anexo 1. Traslado con personal que trabaja recolectando Conchas (Anadara tuberculosa) isla Jambelí manglar el Bravito.*



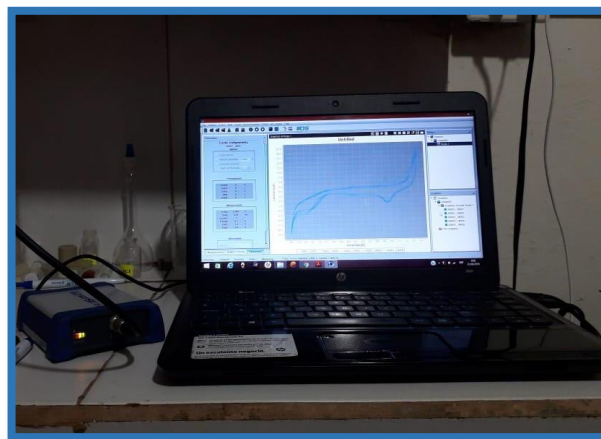
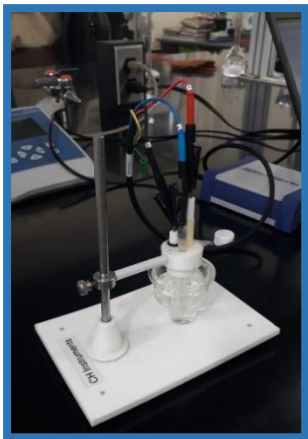
*Anexo 2. Recolección de ejemplares de conchas*



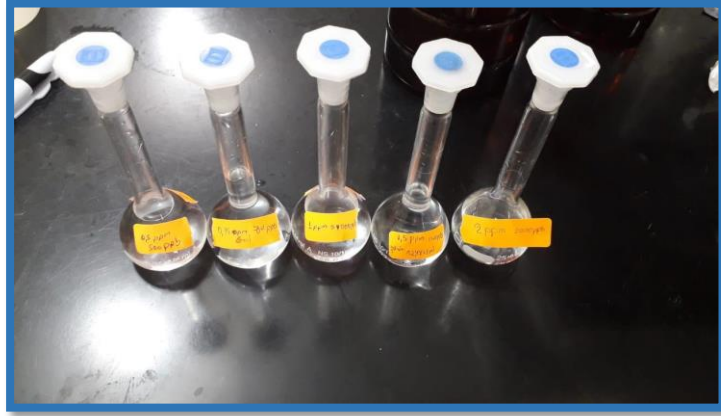
*Anexo 3. Pesado de muestra y colocación de ácidos para digestiones de muestras.*



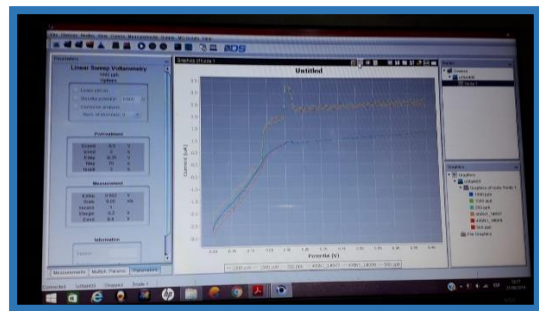
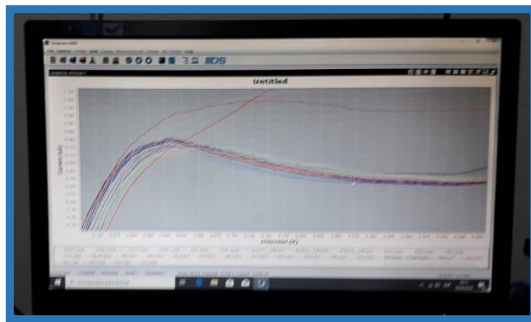
*Anexo 4. Montaje del equipo de potenciostato.*



*Anexo 5. Patrones de Arsénico para curva de calibración.*



*Anexo 6. Lectura de muestras Barrido lineal.*



*Anexo 7. Conversión de lectura muestra bravito.*

<b>Muestra</b>	<b>Lectura obtenida Solución diluida 1:25</b>	<b>Concentración de muestra real ppb</b>	<b>Concentración de muestra real ppm o mg/kg</b>
<b>Br1</b>	461,38	11534,5	11,5345
<b>Br2</b>	659,948	16498,7	16,4987
<b>Br3</b>	1030,39133	25759,7833	25,7598
<b>Br4</b>	259,96	6499	6,4990
<b>Br5</b>	258,626667	6465,66667	6,4657
<b>Br6</b>	431,326667	10783,1667	10,7832
<b>Br7</b>	444,76	11119	11,1190
<b>Br8</b>	307,123333	7678,08333	7,6781
<b>Br9</b>	399,176667	9979,41667	9,9794
<b>Br10</b>	467,81	11695,25	11,6953

*Anexo 8. Conversión de lectura muestra Puerto Jeli*

<b>Muestra</b>	<b>Lectura obtenida Solución diluida 1:25</b>	<b>Concentración de muestra real ppb</b>	<b>Concentración de muestra real ppm o mg/kg</b>
<b>PJ1</b>	156,166667	3904,16667	3,90416667
<b>PJ2</b>	368,466667	9211,66667	9,21166667
<b>PJ3</b>	431,75	10793,75	10,79375
<b>PJ4</b>	324,833333	8120,83333	8,12083333
<b>PJ5</b>	650,333333	16258,3333	16,2583333
<b>PJ6</b>	632,166667	15804,1667	15,8041667
<b>PJ7</b>	801,4	20035	20,035
<b>PJ8</b>	973,883333	24347,0833	24,3470833
<b>PJ9</b>	778	19450	19,45
<b>PJ10</b>	786,666667	19666,6667	19,6666667

*Anexo 9. Conversión de lectura muestra Santa Rosa.*

<b>Muestra</b>	<b>Lectura obtenida Solución diluida 1:25</b>	<b>Concentración de muestra real ppb</b>	<b>Concentración de muestra real ppm o mg/kg</b>
<b>SR1</b>	816,666667	20416,6667	20,4166667
<b>SR2</b>	822,166667	20554,1667	20,5541667
<b>SR3</b>	744	18600	18,6
<b>SR4</b>	511,833333	12795,8333	12,7958333
<b>SR5</b>	511,833333	12795,8333	12,7958333
<b>SR6</b>	336,4	8410	8,41
<b>SR7</b>	600,666667	15016,6667	15,0166667
<b>SR8</b>	575,5	14387,5	14,3875
<b>SR9</b>	478,666667	11966,6667	11,9666667
<b>SR10</b>	711,833333	17795,8333	17,7958333

*Anexo 10. . Conversión de lectura muestra de la urbe de Machala*

<b>Muestra</b>	<b>Lectura obtenida Solución diluida 1:25</b>	<b>Concentración de muestra real ppb</b>	<b>Concentración de muestra real ppm o mg/kg</b>
<b>CM1</b>	850,83	21270,75	21,27075
<b>CM2</b>	899,33	22483,25	22,48325
<b>CM3</b>	875,08	21877	21,877
<b>CM4</b>	844,66	21116,5	21,1165
<b>CM5</b>	745,51	18637,75	18,63775
<b>CM6</b>	860,33	21508,25	21,50825
<b>CM7</b>	813,5	20337,5	20,3375
<b>CM8</b>	790,6	19765	19,765
<b>CM9</b>	772,916	19322,9	19,3229
<b>CM10</b>	780,1	19502,5	19,5025

*Anexo 11. . Conversión de lectura muestra Cocoviche*

<b>Muestra</b>	<b>Lectura obtenida Solución diluida 1:25</b>	<b>Concentración de muestra real ppb</b>	<b>Concentración de muestra real ppm o mg/kg</b>
<b>CV1</b>	116,16	2904	2,904
<b>CV2</b>	176,66	4416,5	4,4165
<b>CV3</b>	108,33	2708,25	2,70825
<b>CV4</b>	301,06	7526,5	7,5265
<b>CV5</b>	129,35	3233,75	3,23375
<b>CV6</b>	273,16	6829	6,829
<b>CV7</b>	209,63	5240,75	5,24075
<b>CV8</b>	238,5	5962,5	5,9625
<b>CV9</b>	138,5	3462,5	3,4625
<b>CV10</b>	197,83	4945,75	4,94575



Anexo 12 Reporte por Absorción Atómica

	
<b>LAB-METALOR</b> Laboratorio Metalúrgico Oscar Reyes <b>INGENIERÍA QUÍMICA</b> <b>INFORME DE ANÁLISIS</b> <b>METALÚRGICOS</b> E-mail: reyesosc@yahoo.es - Claro: 099 445 7753 - Movistar: 098 340 5725	
<b>Lugar:</b>	Zaruma, sector El Pache a 150 metros de la Gasolinera "Pioneros TAC" en la vía Pache – Portovelo
<b>Fecha:</b>	Martes, 02 de Julio de 2019
<b>Solicitado Por:</b>	Srta. Mishell Alarcón
<b>Institución Investigadora:</b>	UTMACH, Universidad Técnica de Machala
<b>No. Inf.</b> <b>1401</b>	

**REPORTE LAB-METALOR**

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	As(Total) mg/Lit.
MUESTRA # 01 Solución	24,33



Ing. Oscar Reyes PgDip. MEng.  
**LABORATORISTA**



DIPLOMA SUP. 1011-12-743464  
ING. QUÍMICO 1011-10-979261  
**LAB-METALOR**

Los Remanentes o Testigos se guardarán por un periodo máximo de quince (15) días, plazo en el cual los dueños pueden solicitarlos.  
LAB-METALOR

Página | 1

Anexo 13. Determinación cualitativa de arsénico



Se cubre con un papel filtro cubierto de nitrato de plata al 50%



Después de unos 2 minutos




Calentamos suavemente el tubo hasta provocar un desprendimiento regular de hidrogeno




Color negro = Ag liberada por la reacción

11



**UTMACH**  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA



**Determinación cualitativa de concentración de Arsénico en Bivalvos de los manglares de Jambelí, provincia de "El Oro", Ecuador**

INTEGRANTES:  
Efraín Romero Armijos  
Mishel Alarcón Clemente

DOCENTE: Bioq. Farm. Maricela Segura

14



UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ

Creada mediante registro oficial 261 del 7 de febrero del 2001

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO



UNESUM-Ciencias.  
Revista Científica Multidisciplinaria. ISSN 2602-8166

#### ACEPTACIÓN DE PUBLICACIÓN

Por este medio comunicamos que el artículo [**DETERMINACIÓN CUALITATIVA DE CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN BIVALVOS ANADARA TUBERCULOSA EN MANGLARES DE JAMBELÍ**], de la autoría de [**Mishel Viviana Alarcon Clemente, Efrain Honorato Romero Armijos, Janneth del Castillo Alverca, Andrés Lenin Medina Preciado, Marisela Brigitte Segura Osorio**], luego de pasar satisfactoriamente por el proceso de arbitraje por el método doble-ciego, ha sido aceptado para publicar en el Vol. II, No. 4 de enero-abril de 2019 de **UNESUM-Ciencias: Revista Científica Multidisciplinaria**.

**UNESUM-Ciencias**, publicación arbitrada de la Universidad Estatal del Sur de Manabí con la colaboración del Centro de Estudios de Didáctica de la Universidad de Las Tunas, Cuba, está referenciada en ROAD (Directory of Open Access Scholarly Resources), BASE (Belefeld Academic Search Engen), Resershib (Academic Resource Index), Google Académico y Open Access Initiative.

**UNESUM-Ciencias** se publica cuatrimestralmente en línea en <http://ojs.unesum.edu.ec/unesum/index.php/unesumciencias>

Sirva la presente para acreditar la aceptación del artículo, a los [28 días de abril de 2019].



Firmado: Dr. C. Alberto Rodríguez Rodríguez  
Editor Revista UNESUM-Ciencias

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) Rivas, Walter; Martínez, C. Determinación de Arsénico, Mercurio y Plomo En Truchas (*Oncorhynchus Mykiss*), Piensos y Agua de Piscigranjas Del Distrito de Pachangara. **2017**, 9 (2), 211–220.
- (2) OMS. Arsénico <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>.
- (3) Asamblea Nacional del Ecuador, R. oficial 449 de 30-ene-2012. Constitución de La República Del Ecuador 2008 Norma: Publicado: *Regist. Of.* **2008**, 449 (20), 38.
- (4) Aquino, A. M.; Salata, G. C.; Pinho, C. F.; de Freitas, A. T. A. G.; Périco, L. L.; de Lion Siervo, G. E. M.; Leonardo, O. M.; Da Cunha De Medeiros, P.; Justulin, L. A.; Fernades, G. S. A.; et al. Arsenic Exposure during Prepuberty Alters Prostate Maturation in Pubescent Rats. *Reprod. Toxicol.* **2019**. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2019.07.010>.
- (5) Mamani Tola, H. R. Validación de Método Analítico Para La Determinación de Arsénico Total En Peces. **2016**, 137.
- (6) Kapp, R. W. *Arsenic: Properties and Determination*, 1st ed.; Elsevier Ltd., 2016. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00042-8>.
- (7) Gonzales Poveda, L. A.; Osorio Fernández, J.; Gonzales Poveda, L. A.; Osorio Fernández, J. Determinación Espectrofotométrica Por Absorción Atómica de La Concentración de Cadmio y Arsénico En Aguas de Consumo Humano de La Comunidad Urbana de Chuquitanta - Distrito de San Martín de Porres. *Univ. Nac. Mayor San Marcos* **2014**.
- (8) Alaniz Andrade, A.; Letechipía de León, C.; Ramírez Santoyo, R.; Guzmán Moreno, J.; Vidales Rodríguez, L. Arsenic Tolerance in Bacterial Cultures Isolated from Metal Contaminated Soil. *Acta Univ.* **2017**, 27 (3), 9–18. <https://doi.org/10.15174/au.2017.1189>.
- (9) Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo., E. A.; Montañez Hernández, L. E.; Luévanos Escareño, M. P.; Balagurusamy, N.; Rangel Montoya, E. A.; Montañez Hernández, L. E.; Luévanos Escareño, M. P.; Balagurusamy, N. Impact Of Arsenic on the Environment and Its Microbial Transformation. *Terra Latinoam.* **2015**, 33

- (2), 103–118.
- (10) Goswami, R.; Kumar, M.; Biyani, N.; Shea, P. J. Arsenic Exposure and Perception of Health Risk Due to Groundwater Contamination in Majuli (River Island), Assam, India. *Environ. Geochem. Health* **2019**, *9*. <https://doi.org/10.1007/s10653-019-00373-9>.
  - (11) Otero, X. L.; Tierra, W.; Atiaga, O.; Guanoluusa, D.; Nunes, L. M.; Ferreira, T. O.; Ruales, J. Arsenic in Rice Agrosystems (Water, Soil and Rice Plants) in Guayas and Los Ríos Provinces, Ecuador. *Sci. Total Environ.* **2016**, *573*, 778–787. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.162>.
  - (12) Maridueña, C.; Pesantez, A. Determinación de Arsénico En Soluciones Acuosas Mediante Voltamperometria de Redisolución Anódica Combinada Con Onda Cuadrada., Universidad Tecnica de Machala, 2019.
  - (13) Baeyens, W.; Mirlean, N.; Bundschuh, J.; de Winter, N.; Baisch, P.; da Silva Júnior, F. M. R.; Gao, Y. Arsenic Enrichment in Sediments and Beaches of Brazilian Coastal Waters: A Review. *Sci. Total Environ.* **2019**, *681*, 143–154. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.126>.
  - (14) López-Guzmán, M.; Alarcón-Herrera, M. T.; Irigoyen-Campuzano, J. R.; Torres-Castañón, L. A.; Reynoso-Cuevas, L. Simultaneous Removal of Fluoride and Arsenic from Well Water by Electrocoagulation. *Sci. Total Environ.* **2019**, *678*, 181–187. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.400>.
  - (15) Morales Cabrera, D.; Avendaño Cáceres, E.; Zevallos Ramos, D.; Fernández Prado, J.; Mendoza Rodas, Z.; Torres Ventura, A. Arsénico Total No Deseado Ante Valores Referenciales de Ph En Agua Superficial, Cuenca Hidrográfica Sama, Región Tacna-Perú. *Rev. Investig. Altoandinas - J. High Andean Res.* **2017**, *19* (3), 305–312. <https://doi.org/10.18271/ria.2017.295>.
  - (16) Patricia, C.; Ibarra, P. Caracterización y Cuantificación de Las Especies de Arsénico Presentes En Acuíferos Que Abastecen de Agua Potable a La Ciudad de Chihuahua. **2016**.
  - (17) Ávila, H.; Quintero, E.; Angulo, N.; Cárdenas, C.; Araujo, M.; Morales, N.; Prieto, M.; Instituto. Determinación de Metales Pesados En Sedimentos Superficiales

- Costeros Del Sistema Lago de Maracaibo , Venezuela. *Multiciencias* **2014**, *14* (1), 16–21.
- (18) Quevedo, O.; Gómez, J.; Ramírez, C.; Estrada, T.; Moreno, C.; Mendiguchía, C.; Villanueva Tagle, M. E.; Pomares Alfonso, M. S. Estudio de La Contaminación Por Metales En Sedimentos Acuáticos de La Bahía de Matanzas. *Quim. Nova* **2014**, *35* (5), 924–931. <https://doi.org/10.1590/s0100-40422012000500012>.
- (19) Nędzarek, Arkadiusz. Czerniejewski, Przemysław. Tórz, A. Microelements and Macroelements in the Body of the Invasive Harris Mud Crab ( *Rhithropanopeus Harrisii* , Maitland , 1874 ) from the Central Coast of the South Baltic Sea. **2019**.
- (20) Rodrigo Oviedo, -Anchundia; Moína-Quimí, E.; Naranjo-Morán, J.; Barcos-Arias, M. Contaminación Por Metales Pesados En El Sur Del Ecuador Asociada a La Actividad Minera. *Bionatura* **2018**, *2* (4), 437–441. <https://doi.org/10.21931/rb/2017.02.04.5>.
- (21) Collaguazo, Yadira; Ayala, H. Cuantificación de Metales Pesados En Nadara Tuberculosa(Mollusca:Bivalvia) Del Estero Huayla de Puerto Bolivar , Por Espectrofotometría de Absorción Atómica. **2017**, *10*, 1–10.
- (22) Mendoza, O.; Sánchez, R.; Barrón, J.; Cuevas, H.; Escalante, P.; Solano, R. Riesgos Potenciales de Salud Por Consumo de Agua Con Arsénico En Colima, México. *Salud Publica Mex.* **2017**, *59* (1), 34–40. <https://doi.org/10.21149/8413>.
- (23) Londoño Franco, L. F.; Londoño Muñoz, P. T.; Muñoz García, F. G. Los Riesgos De Los Metales Pesados En La Salud Humana Y Animal. *Biotecnol. en el Sect. Agropecu. y Agroindustrial* **2016**, *14* (2), 145. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)145-153).
- (24) Flora, S. J. S. *Arsenic: Exposure, Toxicology, Use, and Misuse*; Elsevier Inc., 2017. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809665-9.09884-0>.
- (25) Karim, Y.; Siddique, A. E.; Hossen, F.; Rahman, M.; Mondal, V.; Banna, H. U.; Hasibuzzaman, M. M.; Hosen, Z.; Islam, M. S.; Sarker, M. K.; et al. Dose-Dependent Relationships between Chronic Arsenic Exposure and Cognitive Impairment and Serum Brain-Derived Neurotrophic Factor. *Environ. Int.* **2019**, *131* (July), 105029. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105029>.

- (26) Costa, M. Review of Arsenic Toxicity, Speciation and Polyadenylation of Canonical Histones. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* **2019**, 375 (February), 1–4. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2019.05.006>.
- (27) Flora, S. J. S. *Arsenic: Exposure, Toxicology, Use, and Misuse*; Elsevier Inc., 2017. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809665-9.09884-0>.
- (28) Mullin, A. M.; Amarasiriwardena, C.; Cantoral-Preciado, A.; Henn, B. C.; León Hsu, H.-H.; Sanders, A. P.; Svensson, K.; Tamayo-Ortiz, M.; Téllez-Rojo, M. M.; Wright, R. O.; et al. Maternal Blood Arsenic Levels and Associations with Birth Weight-for-Gestational Age. *Environ. Res.* **2019**, 177 (February), 108603. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108603>.
- (29) López Steinmetz, L. C.; Diaz, S. L. Estimación de riesgo carcinógeno por exposición crónica al arsénico a través del agua de consumo. **2018**, 15–21.
- (30) Tanga, S.; Goel, V. R.; Patil, S. Chronic Arsenic Poisoning Leading to Skin Malignancy in a Community. *Clin. Ski. Cáncer* **2016**, 1 (1), 15–19. <https://doi.org/10.1016/j.clsc.2016.05.003>.
- (31) Mochizuki, H. Arsenic Neurotoxicity in Humans. **2019**.
- (32) Morales, L. S.; Fernando, L.; Murillo, H. Consumo de arsénico y riesgo cardiovascular Palabras Clave : Summary : Keywords : *Med. leg. Costa Rica* **2015**, 32 (1).
- (33) Díaz García, J. D.; Arceo, E. Daño Renal Asociado a Metales Pesados: Trabajo de Revisión. *Rev. Colomb. Nefrol.* **2018**, 5 (1), 43. <https://doi.org/10.22265/acnef.5.2.254>.
- (34) M., P. Análisis de La Concentración de Arsénico En Tres Alimentos: Papas (*Solanum Tuberosum*), Zanahoria (*Daucus Carota*) y Leche Cruda Producida En as Zonas Afectadas Por El Volcán Tungurahua(Mocha-Quero). **2017**.
- (35) Sodhi, K. K.; Kumar, M.; Agrawal, P. K.; Singh, D. K. Perspectives on Arsenic Toxicity, Carcinogenicity and Its Systemic Remediation Strategies. *Environ. Technol. Innov.* **2019**, 100462. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100462>.
- (36) Sodhi, K. K.; Kumar, M.; Agrawal, P. K.; Singh, D. K. Perspectives on Arsenic



- Toxicity, Carcinogenicity and Its Systemic Remediation Strategies. *Environ. Technol. Innov.* **2019**, 100462. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100462>.
- (37) Upadhyay, M. K.; Shukla, A.; Yadav, P.; Srivastava, S. A Review of Arsenic in Crops, Vegetables, Animals and Food Products. *Food Chem.* **2019**, 276, 608–618. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.069>.
- (38) Upadhyay, M. K.; Shukla, A.; Yadav, P.; Srivastava, S. A Review of Arsenic in Crops, Vegetables, Animals and Food Products. *Food Chem.* **2019**, 276, 608–618. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.069>.
- (39) Monroy Torres, R.; Espinoza Pérez, J. A.; Pérez González, R. M. Evaluación de Las Prácticas de Alimentación y Nutrición En Una Población Expuesta a Arsénico: Una Propuesta Para Integrar Indicadores de Exposición Nutricional. *Nutr. Clin. y Diet. Hosp.* **2016**, 36 (2), 140–149. <https://doi.org/10.12873/362monroytorres>.
- (40) Inen, N. T. E. ECUATORIANA. **2015**.
- (41) Del, C.; Sobre, C.; Alimentos, C. D. E. L. O. S.; Las, C. Y.; La, T. D. E. No Title. **2008**.
- (42) Silverberg; Aguirre, F. ; Romero, N. Nota de Investigación / Research Note. *Rev. Ciencias Mar.* **2006**, 32, 73–82.
- (43) Cano-Sancho, G.; Perelló, G.; Maulvault, A. L.; Marqués, A.; Nadal, M.; Domingo, J. L. Oral Bioaccessibility of Arsenic, Mercury and Methylmercury in Marine Species Commercialized in Catalonia (Spain) and Health Risks for the Consumers. *Food Chem. Toxicol.* **2015**, 86, 34–40. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2015.09.012>.
- (44) Medina, M.; Robles, P.; Mendoza, M.; Torres, C. Artículo de Revisión Arsenic intake : impact in human nutrition and health. *Rev Peru Med Exp Salud Pública* **2018**, 35 (1), 93–102. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.351.3604.93>.
- (45) ATSDR. Estudios de Caso En Medicina Ambiental: La Toxicidad Del Arsénico. *Estud. caso en Med. Ambient.* **2007**, 1–110.
- (46) Venegas, M. Acumulación de Metales Pesados En Bivalvos y Sus Efectos Tóxicos En La Salud Humana : Perspectivas Para El Estudio En Costa Rica. *Pensam.*

*Actual* **2015**, 15 (25), 173–181.

- (47) Peteiro, L. G.; Filgueira, R.; Fernández-Reiriz, M. J. Anatomía Funcional de Moluscos Bivalvos. *Unidades Didact. Acuic.* **2016**, 60–60.
- (48) Sáez Padilla, J. Estudio Metalometabólico de Bioindicadores de Áreas Costeras y Estuarinas Del Suroeste de La Península Ibérica. *Files.Bartolomevazquezbernal. ...* **2017**, 724.
- (49) Acosta, Y. F.; Pis Ramírez, M. A.; Mejías, Y. A. Metales Pesados En El Mejillón Verde (*Perna Viridis*) de La Bahía de Cienfuegos. *Rev. Electron. Vet.* **2016**, 17 (9), 323–333.
- (50) Otchere, F. A. Organochlorines (PCBs and Pesticides) in the Bivalves *Anadara* (*Senilis*) *Senilis*, *Crassostrea Tulipa* and *Perna Perna* from the Lagoons of Ghana. *Sci. Total Environ.* **2005**, 348 (1–3), 102–114. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.12.069>.
- (51) Siguenza Toledo, D. J. Determinación de Metales Pesados Arsénico Cadmio y Plomo En Conchas Pieta Extraídos de La Desembocadura Del Rio Pital. **2015**. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- (52) Caza, F.; Cledon, M.; St-Pierre, Y. Biomonitoring Climate Change and Pollution in Marine Ecosystems: A Review on *Aulacomya Ater*. *J. Mar. Biol.* **2016**, 2016, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2016/7183813>.
- (53) Lemus, M.; Salazar, R.; Lapo, B.; Chung, K. Metalotioneinas En Bivalvos Marinos. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* **2016**, 44 (2), 202–215. <https://doi.org/10.3856/vol44-issue2-fulltext-2>.
- (54) Chamorro L, E.; Rosero G, C. Estimation of *Anadara Tuberculosa* Genetic Diversity in Five Mangroves from Tumaco, Using Cytochrome Oxidase I Enzyme. *Rev.MVZ Córdoba* **2016**, 21 (3), 5547–5557. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21897/rmvz.829>.
- (55) Lucero-Rincón, C. H.; Cantera, J. R. K.; Gil-Agudelo, D. L.; Muñoz, O.; Zapata, L. A.; Cortes, N.; Gualteros, W. O.; Manjarres, A. Análisis Espacio Temporal de La Biología Reproductiva y El Reclutamiento Del Molusco Bivalvo *Anadara Tuberculosa* En La Costa Del Pacífico Colombiano. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*

- 2013**, 48 (2), 321–334. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572013000200011>.
- (56) Flores, L.; Licandeo, R.; Cubillos, L. A.; Mora, E. Intra-Specific Variability in Life-History Traits of *Anadara Tuberculosa* (Mollusca: Bivalvia) in the Mangrove Ecosystem of the Southern Coast of Ecuador. *Rev. Biol. Trop.* **2014**, 62 (2), 473–482.
- (57) Orellana, D. Construcción y Caracterización de Microelectrodos Nanoporosos de ORO Para La Determinación de As(III) Utilizando Voltamperometría de Redisolución Anódica Con Aplicación En Aguas de Consumo Humano. *Esc. Politec. Nac.* **2016**, No. Iii.
- (58) Tukur, S. A.; Yusof, N. A.; Hajian, R. Linear Sweep Anodic Stripping Voltammetry: Determination of Chromium (VI) Using Synthesized Gold Nanoparticles Modified Screen-Printed Electrode. *J. Chem. Sci.* **2015**, 127 (6), 1075–1081. <https://doi.org/10.1007/s12039-015-0864-4>.
- (59) Pineda, J. Evaluación Del Método de La Farmacopea Estadounidense USP 30 como método Presuntivo Para La Determinación de Arsénico. **2009**.
- (60) Orellana, D. Construcción y Caracterización de Microelectrodos Nanoporosos de ORO Para La Determinación de As(III) Utilizando Voltamperometría de Redisolución Anódica Con Aplicación En Aguas de Consumo Humano. *Esc. Politec. Nac.* **2016**, No. Iii.
- (61) I, S. R. G.; I, Y. J. P.; Esperanza, G. Determinación de Arsénico Por El Método Del Azul de Molibdeno En Muestras de Aguas Provenientes de Una Planta de Procesamiento de Minerales Auríferos Arsenic Determination by the Molybdenum Blue Method in Water Samples from a Gold Minerals Processing Plan. **2017**, 29 (1), 3–12.
- (62) Afan Rojas, K.; Flores Romero, V. E. Determinación Por Absorción Atómica de Plomo y Arsénico En Agua Potable de Viviendas Del Distrito Hualgayoc, Cajamarca – Octubre 2017. *Univ. Priv. Norbert Wiener* **2018**.
- (63) Eugenio, C.; Coordinación, A.; Activos, D.; Químicos, R.; Animal, D. D. L. Determinación de metales pesados y arsénico en muestras de agua del río reconquista mediante espectroscopía de absorción atómica por horno de grafito.

- 2016**, 50–58.
- (64) DropSens. DropView 8400 Software. **2014**.
- (65) B. Segura, F. N. J. y L. R. G. Prototipo de Potenciostato Con Aplicaciones En Procesos. *Chem. Eng. Prog.* **2016**, *19* (19), 61–69.
- (66) Arévalo, Tito; Castillo, C. Short the SE and RE; Leave WE and CE Unconnected. Either Adjust the Potential Offset and Current Offset Manually until Both the Potential and the Current Are Exactly Zero, or Wait at Least 20 s (to Have the Device Measure Enough Data Points to Average) *An. Br. J. Psychiatry* **2016**, *111* (479), 1009–1010. <https://doi.org/10.1192/bjp.111.479.1009-a>.
- (67) Elgrishi, N.; Rountree, K. J.; McCarthy, B. D.; Rountree, E. S.; Eisenhart, T. T.; Dempsey, J. L. A Practical Beginner's Guide to Cyclic Voltammetry. *J. Chem. Educ.* **2018**, *95* (2), 197–206. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00361>.
- (68) Cao, H.; Hang, T.; Ling, H.; Gao, L.; Li, M. Linear Sweep Voltammetric Study on the Copper Electrodeposition of Through-Silicon-Vias. *J. Electrochem. Soc.* **2014**, *161* (6), 349–352. <https://doi.org/10.1149/2.096406jes>.
- (69) Jaramillo, A. M. O. Validación de Una Técnica Electroanalítica Para La Determinación de Paracetamol En Medios Acuáticos Enfocados a La Ecofarmacovigilancia. **2018**.
- (70) Googlemaps. *Google Maps*; **2019**.
- (71) Googlemaps. *Google Maps*; 2019.
- (72) Dario, O. Determinación de As Utilizando Voltamperometría de Redisolución Anódica. *Esc. Politec. Nac.* **2016**, No. Iii.
- (73) Tobar, Jonny; Ramirez, M. Concentración de Metales Pesados En Bivalvos *Anadara Tuberculosa* y *A. Similis* Del Estero Huaylá, Provincia de El Oro, Ecuador. *Boletín del Cent. Investig. Biológicas* **2018**, *51* (2), 97–116.
- (74) Valarezo, Macias; Cordova, C. Determinación de Metales Pesados Mercurio y Arsénico En Los Sedimentos Del Perfil Costero de La Provincia de El Oro. **2012**.
- (75) Páez-Osuna, F.; Álvarez-Borrego, S.; Ruiz-Fernández, A. C.; García-Hernández,

J.; Jara-Marini, M. E.; Bergés-Tiznado, M. E.; Piñón-Gimate, A.; Alonso-Rodríguez, R.; Soto-Jiménez, M. F.; Frías-Espéricueta, M. G.; et al. Environmental Status of the Gulf of California: A Pollution Review. *Earth-Science Rev.* **2017**, *166*, 181–205. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.01.014>.

- (76) Mendoza, H. Niveles de Acumulación de Metales Pesados y Contaminantes Orgánicos En Moluscos Bivalvos *Anadara*. *Pontif. Univ. Católica del Ecuador Sede Esmeraldas* **2014**.

## **GLOSARIO**

**Metalotioneínas:** Es una proteína de 7 KDa en peso molecular de toda la célula, uniones minerales y es de naturaleza orgánica.

**Xenobióticos:** Compuesto químico que no forma parte de la composición de los organismos vivos.

**Procesos antrópicos:** Conjunto de procesos de degradación del relieve y del subsuelo causado por la acción del hombre

**Procesos naturales:** Procesos naturales o producidos por la naturaleza

**Sumidero:** Es un tipo de dolina circular que actúa como desagüe natural por el agua que se forma de los ríos

**Organismos bentónicos:** Organismos de los fondos oceánicos.

**Bioacumulable:** Acumulación de sustancias en organismos vivos con la características de no se disolverse ni degradarse.

**Contaminantes antropogénicos:** Efectos procesos o materiales resultado de actividades humanas

**Biota marina:** Conjunto de especies que se encuentran en el océano o mar

**VC:** Voltametría cíclica

**LSV:** Voltametría de Barrido Lineal

**Ppm:** Partes por millón

**Ppb:** Partes por billón

**LD:** límite de detección

**LQ:** Limite de cuantificación

**RSD:** Desviación estándar relativa porcentual.

**AS:** Arsénico.