

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



DETERMINACION DE MINERALES Y METALES PESADOS EN
Anadara tuberculosa (CONCHA PELUDA) EN LA BAHIA DE JIQUILISCO
DEPARTAMENTO DE USULUTAN EL SALVADOR

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR
JOHANNA REYNA VICTORIA RIVAS MEJIA

PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADA EN QUIMICA Y FARMACIA

NOVIEMBRE 2018

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MSc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL

LIC. CRISTOBAL HERNAN RIOS BENITEZ

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

DECANO

LIC. SALVADOR CASTILLO AREVALO

SECRETARIO

MAE. ROBERTO EDUARDO GARCIA ERAZO

DIRECCION DE PROCESOS DE GRADUACION

DIRECTORA GENERAL

MSc. Cecilia Haydeé Gallardo de Velásquez

TRIBUNAL CALIFICADOR

ASESORA DE AREA EN: INDRUSTRIA DE ALIMENTOS Y TOXICOLOGIA

MAE. Nancy Zuleyma González Sosa

ASESORA DE AREA EN: APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES

MSc. Sonia Maricela Lemus Martínez

DOCENTES ASESORES

MAE. María Elisa Vivar de Figueroa

MSc. Blanca Lorena Bonilla de Torres

Ing. Agr. Flor de María López

MSc. Freddy Alexander Carranza Estrada

AGRADECIMIENTOS

En estas líneas quiero agradecer a todas las personas que hicieron posible esta investigación y que de alguna manera estuvieron conmigo en los momentos difíciles como en los exitosos.

A el **Gran equipo** de asesores MAE. María Elisa Vivar de Figueroa, Ing. Agr. Flor de María López, MSc. Blanca Lorena Bonilla de Torres y MSc. Freddy Alexander Carranza Estrada, por creer en mí, personas las cuales Dios me permitió compartir y trabajar junto a ellos, fueron más que una pareja de tesis, mil gracias porque de cada uno aprendí a ser mejor persona y a crecer profesionalmente.

Al **tribunal calificador**, MSc. Cecilia Haydee Gallardo de Velásquez, MAE. Nancy Zuleyma González Sosa y MSc. Sonia Maricela Lemus Martínez, por su profesionalismo y orientación en el desarrollo de este trabajo.

A **cada uno** que conforman el Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Agronomía de la Universidad de El Salvador, gracias por permitirme desarrollar la parte experimental de esta investigación, por esos días de trabajo agotadores pero divertidos que con su apoyo el "megaproyecto" fue posible.

A **MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales)** por ser la Institución la cual fue el medio para realizar la parte experimental de este trabajo, a los guías del manglar por su apoyo.

Johanna Rivas

DEDICATORIA

Principalmente a **Dios**, por haberme dado la vida y la fuerza de permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional y personal porque sin El nada de esto fuera posible.

A mis padres **Alejandro** y **M^a. Gladis** quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí, el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis hermanos **José Roberto**, **Jennifer (Christopher)** y **Moisés** por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso. A toda mi familia **Rivas/Mejía** porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento.

A **Maricela Carolina Rivera**, Mi Amiga, cómplice de playa y sobre todo de logros, porque tus porras nunca faltaron.

A **Editha Castillo**, que a su distancia llegaste en el preciso momento para ser mi empuje fundamental e iluminarme, a enseñarme que el tiempo es de Dios y a disfrutar cada sentimiento sea positivo o negativo, pero nunca perdiendo la paciencia y el perseverar en esta travesía.

Finalmente, a todas mis compañeras y colegas que con el pasar del tiempo ahora ya son **mis amigas**, Daysi, Fátima, Gracia Maria, Karen, Krissia, Laura, Magaly, Mirella, Sandra y Sonia, por estar siempre presentes y apoyarme.

Johanna Rivas

ÍNDICE GENERAL

	N° Pág.
RESUMEN	
CAPÍTULO I	
1.0 INTRODUCCIÓN	xxii
CAPITULO II	
2.0 OBJETIVOS	24
CAPITULO III	
3.0 MARCO TEÓRICO	27
3.1 Moluscos	27
3.1.1 Generalidades de los moluscos	27
3.1.2 Clases de moluscos	27
3.1.3 Moluscos bivalvos	29
3.2 Descripción de <i>Anadara tuberculosa</i>	32
3.2.1 Biología	32
3.2.2 Taxonomía	33
3.3 Moluscos bivalvos como biofiltradores	35
3.4 Extracción y recolección de moluscos	36
3.4.1 Faena	36
3.4.2 Talla mínima autorizada para extracción y comercialización de <i>Anadara tuberculosa</i>	37

3.5	Calidad nutricional de los bivalvos	38
3.6	Peligro de contaminación química	39
3.7	Minerales	40
3.7.1	Calcio (Ca)	41
3.7.2	Zinc (Zn)	42
3.7.3	Cobre (Cu)	43
3.7.4	Fósforo (P)	44
3.7.5	Hierro (Fe)	46
3.7.6	Magnesio (Mg)	46
3.7.7	Potasio (K)	47
3.7.8	Sodio (Na)	48
3.8	Metales pesados	48
3.8.1	Arsénico (As)	50
3.8.2	Cromo (Cr)	51
3.8.3	Plomo (Pb)	52
3.9	Valores máximos permisibles de metales pesados en moluscos bivalvos	53
3.10	Valores de tabla de composición de alimentos INCAP	55
3.11	Generalidades del lugar en estudio Bahía de Jiquilisco	55
3.12	Afluentes de Contaminación a la bahía de Jiquilisco	57
3.12.1	Hidrología	57
3.12.2	Actividades Antropogénicas y Naturales	59

CAPITULO IV

4.0 DISEÑO METODOLÓGICO	62
4.1 Tipo de Estudio	62
4.2 Investigación bibliográfica	63
4.3 Investigación de campo	63
4.4 Diseño estadístico	64
4.5 Parte experimental	65
4.5.1 Toma de muestra	65
4.5.2 Preparación de la muestra	67
4.5.3 Tratamiento de la muestra	68
4.5.4 Análisis realizados	69
4.5.5 Determinación del contenido de minerales por el Método de Espectrofotometría de Absorción atómica de llama, (Método AOAC 985.35)	70
4.5.6 Determinación espectrofotométrica de Fósforo	79
4.5.7 Determinación de metales pesados por el método de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito y generador de hidruros.	81

CAPÍTULO V

5.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	88
5.1 Selección de los sitios de muestreo	88

5.2	Cuantificación de contenido de minerales por método de espectrofotometría de absorción atómica de llama.	94
5.2.1	Determinación de Calcio y comparación con la tabla de composición de Alimentos de Centroamérica INCAP.	94
5.2.2	Determinación de Zinc y comparación con la tabla de composición de Alimentos de Centroamérica INCAP.	98
5.2.3	Determinación de Cobre y comparación con la tabla de composición de Alimentos de Centroamérica INCAP.	102
5.2.4	Determinación de Hierro y comparación con la tabla de composición de Alimentos de Centroamérica INCAP	105
5.2.5	Determinación de Magnesio y comparación con la tabla de composición de Alimentos de Centroamérica INCAP	109
5.2.6	Determinación de Potasio y comparación con la tabla de composición de Alimentos de Centroamérica INCAP	113
5.2.7	Determinación de Sodio y comparación con la tabla de composición de Alimentos de Centroamérica INCAP	117
5.3	Cuantificación de contenido de Fósforo por método colorimétrico.	121
5.3.1	Determinación de Fósforo y comparación con la tabla de composición de Alimentos de Centroamérica INCAP	121

5.4	Cuantificación de contenido de metales pesados por método de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito y generador de hidruros.	126
5.4.1	Determinación de Arsénico y comparación con los valores permisibles en Codex Alimentarius.	126
5.4.2	Determinación de Cromo y comparación con los valores permisibles en Codex Alimentarius.	130
5.4.3	Determinación de Plomo y comparación con los valores permisibles en Codex Alimentarius.	134
5.5	Análisis estadístico.	137
5.5.1	Prueba de Kruskal-Wallis para la evaluación de minerales y metales pesados en el molusco <i>Anadara tuberculosa</i> .	138
5.5.2	Análisis estadístico por dendrograma	150
CAPÍTULO VI		
6.0	CONCLUSIONES	154
CAPITULO VII		
7.0	RECOMENDACIONES	157
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°		Pág. N°
1.	Coordenadas geográficas de los sitios de extracción	90
2.	Condiciones de los sitios de muestreo	92
3.	Cuadro resumen de aceptación de hipótesis	150

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°		Pág. N°
1.	Morfología externa de los bivalvos	30
2.	Morfología interna de los bivalvos	31
3.	Distribución de <i>Anadara spp</i>	32
4.	Ejemplar de <i>Anadara tuberculosa</i>	34
5.	Protocolo de medición de las conchas	38
6.	Mapa e imagen satelital de Bahía de Jiquilisco	56
7.	Mapa Hidrológico de la Bahía de Jiquilisco	59
8.	Zonas afectadas por diversas actividades	60
9.	División de la bahía de Jiquilisco en dos sectores	88
10.	Toma de Georeferencias con GPS	89
11.	Localización de sitios de muestreo para extracción de <i>Anadara tuberculosa</i>	90
12.	Mapas satelitales de los sitios de muestreo con sus respectivas coordenadas	91
13.	Gráfico de Concentración de Calcio por sitio	95
14.	Gráfico concentración promedio de Calcio por sitio de muestreo vs. valores de INCAP	97
15.	Gráfico de concentración de Zinc por sitio	99
16.	Gráfico concentración promedio de Zinc por sitio de muestreo vs. contenido de Zinc en INCAP	101
17.	Gráfico de concentración de Cobre por sitio	103
18.	Gráfico concentración promedio de Cobre	105
19.	Gráfico de concentración de Hierro por sitio	107
20.	Gráfico concentración promedio de Hierro por sitio de muestreo vs. valores de Hierro en INCAP	108

21.	Gráfico de Concentración de Magnesio por sitio	111
22.	Gráfico concentración promedio de Magnesio por sitio de muestreo vs. valores en INCAP	112
23.	Gráfico de concentración de Potasio por sitio	115
24.	Gráfico concentración promedio de Potasio por sitio de muestreo vs. valores de INCAP	116
25.	Gráfico de concentración de Sodio por sitio	119
26.	Gráfico concentración promedio de Sodio por sitio de muestreo vs. valores de INCAP	120
27.	Gráfico de concentración de Fósforo por sitio	123
28.	Gráfico concentración promedio de Fósforo por sitio de muestreo vs. valores de INCAP	125
29.	Gráfico de concentración de Arsénico por sitio	127
30.	Gráfico concentración promedio de Arsénico por sitio de muestreo vs valores permisibles Codex alimentarius	129
31.	Gráfico de Concentración de Cromo	131
32.	Gráfico concentración promedio de Cromo por sitio de muestreo vs. valores permisibles Codex alimentarius	133
33.	Gráfico concentración de Plomo por sitio.	135
34.	Gráfico concentración promedio de Plomo por sitio de muestreo vs valores permisibles Codex alimentarius	136
35.	Boxplot de medianas de Calcio con respecto a los seis sitios de muestreo y resumen estadístico	139
36.	Boxplot de medianas de Zinc con respecto a los seis sitios de muestreo y resumen estadístico	140

37.	Boxplot de medianas de Cobre con respecto a los seis sitios de muestreo y resumen estadístico	141
38.	Boxplot de medianas de Hierro con respecto a los seis sitios de muestreo y resumen estadístico	142
39.	Boxplot de medianas de Magnesio con respecto a los seis sitios de muestreo y resumen estadístico	143
40.	Boxplot de medianas de Potasio con respecto a los seis sitios de muestreo y resumen estadístico	144
41.	Boxplot de medianas de Sodio con respecto a los seis sitios de muestreo y resumen estadístico	145
42.	Boxplot de medianas de Fósforo con respecto a los seis sitios de muestreo y resumen estadístico	146
43.	Boxplot de medianas de Arsénico con respecto a los seis sitios de muestreo y resumen estadístico	147
44.	Boxplot de medianas de Cromo con respecto a los seis sitios de muestreo y resumen estadístico	148
45.	Boxplot de medianas de Plomo con respecto a los seis sitios de muestreo y resumen estadístico	149
46.	Dendrograma minerales de seis sitios de muestreo	151
47.	Dendrograma metales de seis sitios de muestreo	152

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°	Pág. N°
1. Talla estándar de extracción y comercialización	37
2. Valores máximos permisibles de metales pesados con aspectos de inocuidad de moluscos bivalvos	55
3. Contenido de nutrientes para 100 g de porción comestible	55
4. Identificación y distribución de sitios de muestreo	66
5. Análisis que se realizaron a muestras de <i>Anadara tuberculosa</i>	70
6. Concentraciones de Calcio de seis sitios de muestreo	94
7. Tabla comparativa de concentraciones promedio de Calcio en seis sitios de muestreo contra el valor de INCAP	96
8. Concentraciones de Zinc de seis sitios de muestreo	
9. Tabla comparativa de concentraciones promedio de Zinc en seis sitios de muestreo contra el valor de INCAP.	98
10. Concentraciones de cobre de seis sitios de muestreo	
11. Tabla de concentraciones promedio de Cobre en seis sitios de muestreo	100
12. Concentraciones de Hierro de seis sitios de muestreo	102
13. Tabla comparativa de concentraciones promedio de Hierro en seis sitios de muestreo contra el valor de INCAP.	104
14. Concentraciones de Magnesio de seis sitios de muestreo	106

15. Tabla comparativa de concentraciones promedio de Magnesio en seis sitios de muestreo contra el valor de INCAP	108
16. Concentraciones de Potasio de seis sitios de muestreo	110
17. Tabla comparativa de concentraciones promedio de Potasio en seis sitios de muestreo contra el valor de Potasio de INCAP	112
18. Concentraciones de Sodio de seis sitios de muestreo	114
19. Tabla comparativa de concentraciones promedio de Sodio en seis sitios de muestreo contra el valor de Sodio de INCAP	116
20. Concentraciones de Fósforo de seis sitios de muestreo	118
21. Tabla comparativa de concentraciones promedio de Fósforo en seis sitios de muestreo contra el valor de Fósforo de INCAP	120
22. Concentraciones de Arsénico de seis sitios de muestreo	122
23. Tabla comparativa de concentraciones promedio de Arsénico en seis sitios de muestreo contra los valores permisibles en Codex alimentarius.	124
24. Concentraciones de cromo de seis sitios de muestreo	126
25. Tabla comparativa de concentraciones promedio de Cromo en seis sitios de muestreo contra los valores permisibles en Codex alimentarius	128
26. Concentraciones de Plomo de seis sitios de muestreo	130
27. Tabla comparativa de concentraciones promedio de Plomo en seis sitios de muestreo contra los valores permisibles en Codex alimentarius.	132

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N°

1. Ubicación geográfica del sitio de muestreo.
2. Reunión con Autoridades del MARN en Bahía de Jiquilisco.
3. Parte Experimental
4. Determinación del contenido de minerales y metales
5. Cálculos para la preparación de las curvas estándar (minerales y metales pesados)
6. Tabla de composición de Alimentos para Centro América INCAP
7. Ingesta diaria recomendada
8. Niveles de contenido de metales pesados con respecto a *Anadara tuberculosa*
9. Resultados de Análisis

ABREVIATURAS

AOAC: Asociación Oficial de Químicos Analíticos (Association of Official Analytical Chemist).

FAAS: Espectrofotometría de Absorción Atómica en Llama.

FAO: Food and Agriculture Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura).

FDA: Administración de Medicamentos y Alimentos.

GFAAS: Espectroscopia de Absorción Atómica con Horno de Grafito.

GPS: Sistema de posicionamiento global.

INCAP: Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá.

MARN: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

MINSAL: Ministerio de Salud de El Salvador.

SPP: Varias especies del mismo género.

UE: Unión Europea.

VMVDU: Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano.

RESUMEN

RESUMEN

En la presente investigación se determinaron minerales (Ca, Zn, Cu, Fe, Mg, K, Na y P) y metales pesados (As, Cr y Pb) en *Anadara tuberculosa* (concha peluda) en la Bahía de Jiquilisco, Departamento de Usulután, El Salvador, mediante espectrofotometría de absorción atómica, con horno de grafito, generador de hidruros y visible.

Especie que fue recolectada en seis sitios de la bahía y trasladada al laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador en los meses de julio-agosto para ser procesadas.

Los resultados fueron para Arsénico en BJ-1 con 0.10 µg/g, Cromo en BJ-2 con 0.03 µg/g, Plomo en BJ-1 con 0.02 µg/g. los cuales se encuentran por debajo de los valores permisibles en Codex alimentarius, sin embargo la cuantificación de los minerales, los sitios que sobre pasaron el contenido establecido en la tabla de composición de Alimentos de Centroamérica, fueron Calcio en el sitio BJ-5 con 1176.01 mg/100g, para Zinc los sitios BJ-2 con 1.08 mg/100g y BJ-3 con 1.09 mg/100g, Hierro con un máximo en BJ-1 con 40.62 mg/100g, Magnesio BJ-1 con 58.28 mg/100g, BJ-2 con 72.13 mg/100g y BJ-4 con 65.19 mg/100g. La concentración de metales y minerales en estas áreas es debido a la incorporación y bioacumulación de material particulado presente en los sedimentos de ríos, descargas de aguas y desechos domésticos.

Los resultados obtenidos contribuyen al conocimiento de la composición de este tipo de alimento y se recomienda realizar análisis microbiológico, para monitorear la inocuidad de esta especie, además generar conciencia a los consumidores de este alimento por su alto contenido de Sodio, que es un peligro a la salud y las autoridades competentes que tomen en cuenta esta investigación para especificar los valores nutricionales.

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

1.0 INTRODUCCIÓN

La especie de moluscos bivalvos, *Anadara tuberculosa* (concha peluda) es representativa de los ecosistemas en los manglares de El Salvador. Esta especie es de gran importancia económica, ya que es una fuente de ingresos para los habitantes aledaños y un recurso alimenticio en el país, porque se clasifica dentro de las especies comestibles de moluscos marinos. ⁽⁷⁾

Actualmente, en el país esta especie se encuentra distribuida a lo largo de las costas salvadoreñas, teniendo su mayor concurrencia en Barra de Santiago, Estero de Jaltepeque, Bahía de Jiquilisco, Estero El Espino, Estero El Encantado, Estero El Tamarindo y Bahía de la Unión, sitios en los cuales se practica la extracción de *Anadara tuberculosa* para ser distribuida y comercializada. ⁽⁷⁾

Además, estos moluscos bivalvos (*Anadara tuberculosa*) viven casi completamente enterrados en sustratos fangosos, arcillosos o limo-arcillosos, hasta unos 5 metros de profundidad; reciben inundación mareal diaria, abunda en pantanos formados por una vegetación típica de las especies *Rhizophora* (mangle rojo) cerca de la desembocadura de los ríos. ⁽¹⁹⁾

La demanda y consumo de esta especie es principalmente un aperitivo, que es preparado de la parte blanda del bivalvo y servido en forma cruda, comúnmente conocido como “coctel de concha”. Un platillo digerible y nutritivo que es consumido por la población nacional y turistas internacionales que frecuentan las playas donde se comercializan.

El sitio más representativo en producción y extracción de *Anadara tuberculosa* (concha peluda), es la Bahía de Jiquilisco ubicada en el departamento de

Usulután, razón por la que se seleccionaron para realización la presente investigación, para ello se seleccionaron seis sitios de muestreo utilizando dos criterios: en primer lugar que la zona seleccionada tuviera algún tipo de influencia de contaminación (desembocaduras de ríos, caseríos e industrias), y como segundo lugar que la especie en estudio estuviera presente; el muestreo se realizó durante los meses de Julio-Agosto del presente año.

Los ejemplares fueron trasladados al laboratorio del Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, para determinar la presencia de minerales: calcio, zinc, cobre, hierro, magnesio, potasio, sodio, utilizando el método espectrofotometría de absorción atómica (Método AOAC 985.35); la determinación de fósforo se realizó por el método de espectrofotometría visible; además se determinó la concentración de metales pesados: arsénico, cromo y plomo, por el método de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito y generador de hidruros. Los resultados arrojados en el estudio se compararon con la tabla de composición de Alimentos para Centroamérica (INCAP), para los minerales y límites máximos permitidos según Codex Alimentarius, para los metales pesados, por otro lado se establecieron la existencia de diferencia significativa entre los resultados obtenidos de minerales y metales pesados en cada sitio de muestreo en el que se aplicó el diseño estadístico, análisis de varianza (prueba de Kruskal-Wallis) con el fin de asegurar la calidad nutricional y la seguridad alimentaria para los consumidores de *Anadara tuberculosa* (concha peluda).

CAPITULO II
OBJETIVOS

2.0 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar minerales y metales pesados en *Anadara tuberculosa* (concha peluda) en la Bahía de Jiquilisco, departamento de Usulután, El Salvador.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 2.2.1 Seleccionar los sitios de muestreo para la extracción de moluscos bivalvos *Anadara tuberculosa* (concha peluda).
- 2.2.2 Cuantificar el contenido de minerales Calcio, Zinc, Cobre, Hierro, Magnesio, Potasio y Sodio por método de espectrofotometría de absorción atómica de llama; Fósforo por método de colorimetría y metales pesados Arsénico, Cromo y Plomo por método de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito y generador de hidruros, en las muestras de moluscos bivalvos *Anadara tuberculosa* (concha peluda).
- 2.2.3 Comparar los resultados obtenidos de los minerales presentes en moluscos bivalvos *Anadara tuberculosa* (concha peluda) con la tabla de composición de Alimentos de Centroamérica INCAP/2012 y los resultados de metales pesados con los límites máximos permitidos según Codex Alimentarius.
- 2.2.4 Establecer si existe diferencia significativa entre los resultados obtenidos de minerales y metales pesados en cada sitio de muestreo aplicando el diseño estadístico análisis de varianza (prueba de Kruskal-Wallis).

CAPITULO III
MARCO TEÓRICO

3.0 MARCO TEÓRICO

3.1 Moluscos

3.1.1 Generalidades de los moluscos

La palabra Molusco proviene del latín MOLLUSCA, que significa cuerpo blando. Los moluscos son seres invertebrados, que después de los artrópodos, son los animales con más especies. Su principal característica es la de poseer un cuerpo blando y sus tamaños varían desde los microscópicos hasta los 17 metros de longitud.⁽⁴¹⁾

3.1.2 Clases de moluscos

Existen cinco clases de moluscos más importantes y abundantes.⁽⁴¹⁾

Poliplacóforos (quitones)

- Cuerpo alargado con cabeza reducida con rádula.
- Simetría bilateral.
- Caparazón de ocho placas dorsales.
- Pie ventral plano y largo.
- Sistema nervioso con un anillo alrededor de la boca y con dos pares de cordones nerviosos.
- Suelen tener sexos separados.

Escafópodos (dientes de elefante)

- Cuerpo encerrado en una concha tubular de una sola pieza.
- Pie cónico.
- Sin cabeza y con tentáculos en su boca.

- Respiración por medio del manto.
- Sexos separados.

Gasterópodos (caracoles y lesmas)

- El cuerpo suele ser asimétrico y algunos tienen una concha helicoidal en la que se pueden esconder.
- Cabeza bien desarrollada con rádula.
- Pie grande y plano.
- Respiración por branquias o pulmones (los terrestres).
- Sistema nervioso con ganglios cerebrales, pleurales, pedales y viscerales.
- Individuos hermafroditas.

Cefalópodos (pulpos y calamares)

- Cuerpo cilíndrico y saquiforme, con concha reducida o sin ella.
- Cabeza bien desarrollada, con ojos y rádula.
- Pie desarrollado modificado, constituyendo brazos o tentáculos.
- Sistema nervioso con ganglios bien desarrollados y centralizados constituyendo un cerebro.
- Sexos separados, con desarrollo directo y sin formar larvas.

Bivalvos (almejas, vieiras, zamburiñas)

- Cuerpo encerrado en un manto de dos lóbulos y con un pie ventral.
- Concha de dos valvas laterales, de tamaño y formas muy variables y con charnela dorsal.
- Cabeza indiferenciada, acéfalos y con palpos labiales.
- La mayoría no poseen ojos.
- Branquias laminares.
- Sexos casi siempre separados, excepto algunas especies.
- También llamados lamelibranquios por sus branquias laminarias.

- Se alimentan mediante un proceso de filtración.

3.1.3 Moluscos bivalvos

Los moluscos bivalvos pertenecen a la clase Bivalvia, presentan una concha compuesta por dos valvas laterales, generalmente simétricas, unidas por una bisagra y ligamentos llamada charnela. Dichas valvas se cierran por acción de uno o dos músculos aductores.⁽¹⁰⁾

Se caracterizan por tener el cuerpo aplanado lateralmente y tener dos conchas unidas en el dorso, que cubren por completo el cuerpo del animal. El pie, musculoso, también está aplanado y tiene forma de hacha que emplean para excavar generalmente en fondos arenosos o fangosos donde viven enterradas la mayor parte de las especies. La cabeza está poco desarrollada, al contrario de la cavidad paleal, que es la más grande y espaciosa de todos los moluscos; en ella están las branquias, de gran tamaño por lo general y que además de servir para el intercambio gaseoso, muchas veces también se emplean como filtros para recoger el alimento en suspensión.⁽⁶⁾

Son organismos sésiles que no tienen movilidad o ésta es muy limitada, es decir, que a diferencia de los peces y los camarones que pueden migrar a zonas más favorables cuando el ambiente les resulta negativo, los moluscos bivalvos permanecen en su lugar a pesar de que las condiciones ambientales cambien y les resulten desfavorables.⁽¹⁰⁾

Morfología

Morfología externa⁽⁴¹⁾

Los bivalvos tienen una concha dividida en dos partes llamadas valvas, que pueden ser de formas y colores muy diferentes, en las que podemos distinguir las siguientes partes: (Ver Figura N° 1)

- **Parte exterior:** umbo, ligamento, dorsal anterior, dorsal posterior, ventral anterior y ventral posterior.
- **Parte interior:** umbo, ligamento, charnela, impresión del músculo anterior, impresión del manto paleal e impresión del músculo posterior.

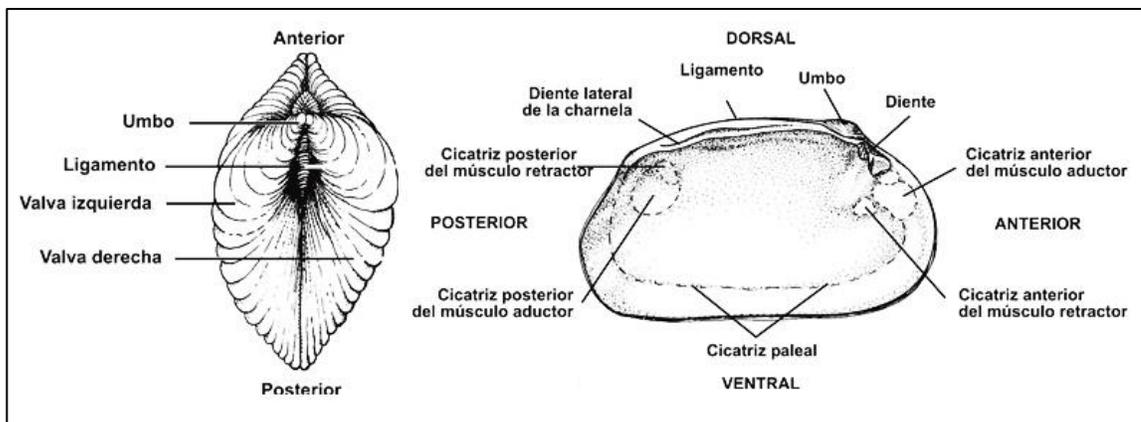


Figura N° 1. Morfología externa de los bivalvos.⁽⁶⁾

Morfología interna.⁽⁴¹⁾

- Manto: cavidad paleal y branquias.
- Masa visceral: aparato reproductor (gónada), aparato excretor (nefridios), sistema circulatorio (abierto), aparato digestivo (estilo cristalino) y sistema nervioso.

- Pie: utilizado para enterrarse en los fondos y para segregar el biso que les fija al fondo.
- Branquias: Las branquias son muy importantes en los bivalvos, puesto que las utilizan tanto para respirar, como para alimentarse, filtrando el agua y quedándose con el oxígeno y con las microalgas (fitoplancton).
- Aparato digestivo: Lo que más destaca del aparato digestivo, es el estilo cristalino, ubicado en el estómago y con el que digieren el alimento.
- Aparato reproductor: Los gonoconductos de los mariscos bivalvos son simples ya que no hay copulación. Algunos géneros como la vieira, son hermafroditas.
- Aparato nervioso: La mayoría de los órganos de los sentidos están ubicados en el manto. (Ver Figura N° 2)

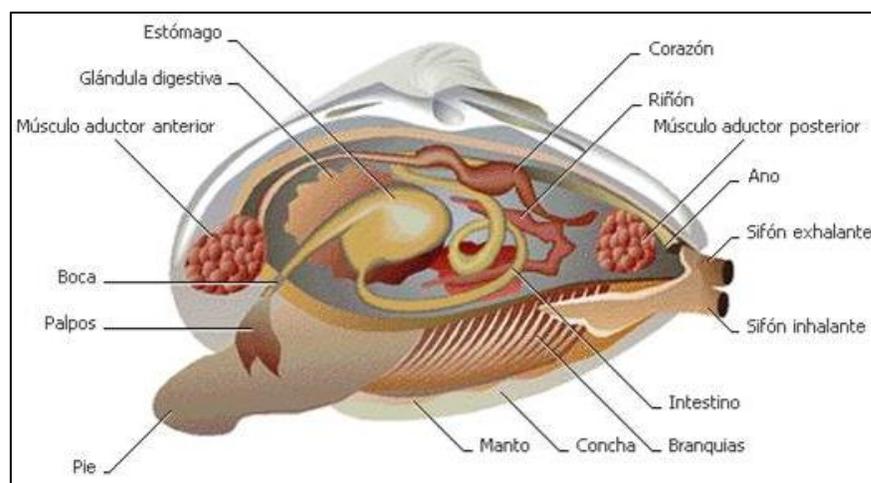


Figura N° 2. Morfología interna de los bivalvos. (35)

3.2 Descripción de *Anadara tuberculosa*

3.2.1 Biología

Anadara tuberculosa presenta una concha grande, equivalva, de forma oblicuamente ovalada; con el margen dorsal angulado. Escultura con 34 a 37 costillas radiales, con nudos dispersos principalmente sobre el lado anterior, umbos anchos, frecuentemente erosionados. La concha es blanca cubierta por un periostraco café negruzco provisto de finas cerdas entre las costillas. Cara interna blanca, con un tono rosado debajo de la charnela; borde crenulado.⁽²⁰⁾ Son filtradores, participando las branquias, además de su función respiratoria, en la obtención de alimento (fitoplancton).

La denominación genérica de concha peluda engloba a dos especies de bivalvos que reciben el nombre científico de *Anadara tuberculosa* y *Anadara similis*. Que son los moluscos bivalvos de mayor importancia económica a lo largo de las costas de la región tropical del Pacífico Oriental, comprendidas entre Guaymas, en México, hasta la Bahía de Tumbes, en Perú, extendiéndose unos 6.350 km.⁽¹⁹⁾

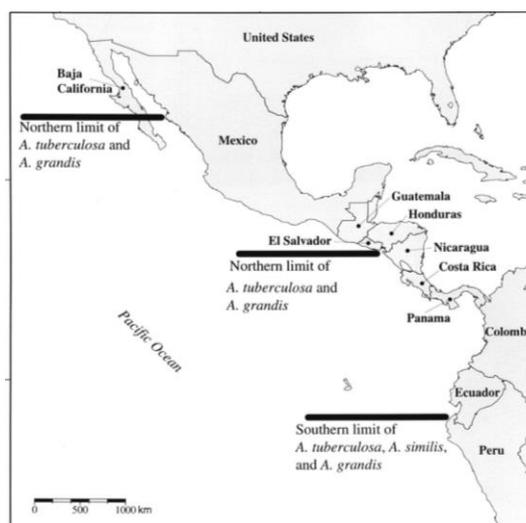


Figura N° 3. Distribución de *Anadara* spp.⁽²⁴⁾

3.2.2 Taxonomía⁽⁷⁾⁽⁴⁰⁾

Taxonomía de *Anadara tuberculosa*

Reino: Animalia

Filo: Mollusca

Clase: Bivalvia

Orden: Arcoida, Prionodonta o Eutaxodonta

Familia: Arcidae

Nombre científico: *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833)

Nombre común: Piangua (Costa Rica), Concha Negra (Nicaragua), Curil, Concha Negra, Concha peluda (El Salvador) Chucheca, Concha Prieta (Panamá)

Hábitat: Esta especie habita sustratos fangosos, arcillosos o limo-arcillosos, que reciben inundación mareal diaria. La mayor parte se encuentra en rodales con sustratos no consolidados, limo-arcillosos o arcillosos en la parte externa de los manglares.

Descripción: Constituida por conchas grandes ovaladas, relativamente gruesas. Las valvas muestran entre 33 y 37 costillas, con los márgenes dorsales angulados. Su color es blanco, cubierta por un periostraco piloso que va desde café oscuro hasta negro. Posee umbos anchos y prominentes. Los nódulos o tubérculos de las costillas son la razón del nombre de la especie. Su área cardinal es angosta. (Ver Figura N° 4)

Alimentación: Se alimenta por medio de la filtración de materia orgánica.

Relaciones: Existe una fuerte relación entre las poblaciones de esta especie y las raíces del mangle *Rhizophora mangle* y *Pelliciera rhizophorae*, aunque

solamente en ciertos rodales de la especie se encuentran poblaciones importantes del molusco.

Usos: Comestible.

Lugares de ocurrencia en el país: Barra de Santiago, Estero de Jaltepeque, Bahía de Jiquilisco, Estero El Espino, Estero El Encantado, Estero El Tamarindo, Bahía de La Unión.

Aspectos biológicos: La madurez sexual se alcanza en ejemplares entre 23.2 y los 26 mm de longitud total. No hay evidencia de hermafroditismo. Tiene una longitud de aproximadamente 56 mm un diámetro de 42 mm. La talla máxima es de 70.30 mm de longitud. La relación longitud altura es de 1.3 mm. El porcentaje de carne por peso es de 18.26%. La especie tiene importancia como fuente de proteínas ya que posee el 67.8% de ésta.

Distribución: Desde USA hasta Tumbes, Perú.



Figura N° 4. Ejemplar de *Anadara tuberculosa*.⁽³²⁾

3.3 Moluscos bivalvos como biofiltradores.⁽¹⁰⁾

La literatura confirma que la familia de los moluscos bivalvos son filtradores por naturaleza, forma por la cual ellos se alimentan.

Son llamados también filtro-alimentadores, es decir, que filtran del agua circundante las microalgas y otras partículas orgánicas que les sirven como alimento. Las poblaciones naturales de moluscos bivalvos tienen el papel ecológico de ser los filtradores del medio; por ejemplo, un mejillón puede filtrar entre 0.5 y 0.7 litros de agua en una hora.⁽¹⁶⁾ Si bien estos organismos en el medio natural son los encargados de una fundamental labor de filtración para el mantenimiento del ecosistema costero.

Otra característica de esta forma de alimentación es que seleccionan las partículas alimenticias para ingerirlas por la boca y el resto de las partículas las envuelven en mucus que mantienen en la cavidad paleal para ser eliminado posteriormente. Estas partículas de materia orgánica envueltas en mucus se conocen como pseudoheces, y desde luego son una fuente de proliferación bacteriana que puede ser nociva al ambiente, o al consumidor.⁽¹⁰⁾

Como biofiltradores también acumulan ciertos compuestos que se pueden encontrar en el agua de mar, tales como metales pesados, pesticidas, fenoles o toxinas que, pueden tener efectos en los propios moluscos bivalvos o, peor aún, en el consumidor. Presumiblemente, estas diferencias podrían estar asociadas con un mayor impacto de la contaminación por pesticidas y fertilizantes.

Esta peculiaridad ha hecho que algunos moluscos bivalvos sean utilizados como centinelas de la contaminación, en particular el mejillón azul *Mytilus edulis*

que es utilizado en programas internacionales de monitoreo de la contaminación costera.⁽¹⁰⁾

Los esteros donde habita la *Anadara tuberculosa* sirven como desagüaderos naturales de las cuencas, lo que significa que las sustancias depositadas en el suelo de la cuenca son arrastrados por las lluvias hacia el cuerpo de agua y posteriormente, con el cambio de marea, es arrastrado por la corriente hacia el mar.

Sin embargo, desde el punto de vista de la sanidad e inocuidad alimentaria debe de monitorearse metales pesados para garantizar que *Anadara tuberculosa* puede ser consumida por sus demandantes, ya que si existen niveles altos de metales pesados esta especie puede ser nocivas para el ser humano.⁽¹⁰⁾

3.4 Extracción y recolección de moluscos.⁽¹⁾

En las costas salvadoreñas se recolectan los moluscos, *Anadara spp.* La extracción de moluscos es una actividad meramente artesanal realizada principalmente por las mujeres y niños, aunque también existen pescadores que participan en ella. Se dice que muchos optaron por la recolección de moluscos porque no requieren de equipos ni de técnicas especiales. Esta sobreexplotación incidió negativamente a la reserva de *Anadara spp* y se dice que su población se redujo drásticamente.

3.4.1 Faena

Las faenas para la extracción de concha peluda se efectúan según el comportamiento de las mareas. Cuando la marea comienza a bajar (media

marea) los recolectores entran al manglar a través de botes de madera a remo (cayucos o lanchas), a motor fuera de borda o por tierra. El tiempo real de faena es de 4 a 6 horas. El tiempo estimado está relacionado con los períodos de máximas y mínimas mareas (mareas vivas), las cuales se presentan cuatro máximas por dos mínimas durante el mes, con aproximadamente 7 días de duración.⁽⁹⁾

El período de mareas máximas es óptimo para la recolección, porque las áreas de exploración se mantienen por más tiempo libre de inundación.

El extractor, llamado comúnmente “curilero”, recorre los canales de marea e islas durante la marea baja en busca de concha peluda, los ejemplares se buscan al tanteo en las cavidades que se encuentran al lado de las raíces del mangle, introduciendo las manos en el fango a una profundidad entre 5 y 30 cm aproximadamente y en todas las direcciones, los bivalvos capturados se colocan en bolsa de nailon para ser transportados.⁽²⁰⁾

3.4.2 Talla mínima autorizada para extracción y comercialización de *Anadara tuberculosa*.⁽²⁵⁾

La talla o tamaño mínimo (medida estándar), para las especies marinas cuya extracción y comercialización se autoriza, según el artículo No. 12 del Reglamento para aplicación de la Ley General de las Actividades Pesqueras son las siguientes:

Tabla N° 1. Talla estándar de extracción y comercialización.⁽²⁵⁾

Especie	Talla
Concha <i>Anadara tuberculosa</i>	4.5 cm

Las variables morfológicas que se miden se detallan en el siguiente esquema:

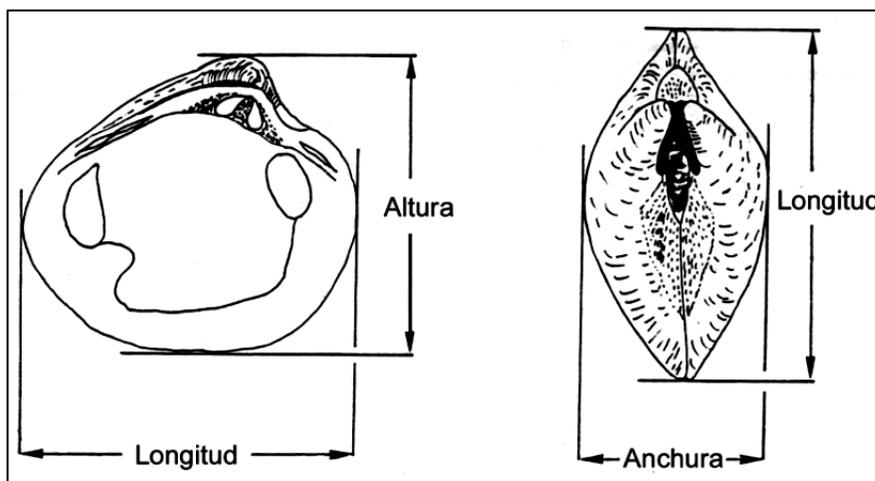


Figura Nº 5. Protocolo de medición de las conchas. ⁽³²⁾

La variable que viene reflejada para todas las especies regularmente es la longitud.

3.5 Calidad nutricional de los bivalvos. ⁽¹⁷⁾

La calidad nutricional de los moluscos bivalvos para la población humana radica en su composición bioquímica, tanto a nivel proximal, en términos de proteínas, lípidos y carbohidratos, como a nivel de moléculas esenciales, que el metabolismo humano no puede sintetizar o los sintetiza en cantidad insuficiente.

A este último grupo corresponden aminoácidos, ácidos grasos altamente insaturados, vitaminas y antioxidantes. La composición bioquímica, tanto proximal como en nutrientes esenciales, depende de las condiciones ambientales en que se encuentran creciendo los bivalvos por ello presenta variaciones estacionales, geográficas y con la profundidad, así como con las diferentes etapas de desarrollo y variaciones en la dieta.

Los bivalvos son una excelente fuente de proteínas, ya que a la cosecha su contenido proteico es de alrededor del 48 por ciento del peso seco, mientras los lípidos alcanzan 8.2 por ciento de los tejidos en promedio y los carbohidratos 15 por ciento. Esta composición varía entre diferentes órganos de acuerdo con ciclos estacionales de almacenamiento de reservas y de reproducción. Los lípidos que presentan los bivalvos son de alto valor nutricional para el ser humano, ya que los contenidos de colesterol son inferiores al 5 por ciento de los lípidos totales, mientras que los contenidos de fosfolípidos pueden llegar a ser del 27 por ciento.

Con tales aportes se consideraría aumentar los alimentos de origen marino, del tipo de los bivalvos, en la dieta de las personas.

3.6 Peligro de contaminación química. ⁽¹⁵⁾

Los moluscos bivalvos se desarrollan en zonas costeras, esteros o bahías pudiendo estar expuestos a contaminantes ambientales, provenientes de fuentes diversas como ríos, corrientes marinas, descargas urbanas y fenómenos naturales. Las toxinas y compuestos químicos como los plaguicidas organoclorados, organofosforados y metales pesados, pueden ser incorporados y acumularse en estos organismos y causar problemas de salud pública, de igual manera puede ocurrir por contaminación con residuos de medicamentos veterinarios que son transportados en el agua, incorporados en los organismos sin ser eliminados de ellos.

Se consideran dos tipos de contaminación química:

-Natural: metales pesados y toxinas producidas por bacterias y dinoflagelados marinos.

-Antropogénico: intencionales directos tales como aditivos alimentarios, o indirectos como agroquímicos y medicamentos veterinarios.

En cuanto a los compuestos químicos más importantes, desde el punto de vista de inocuidad de moluscos bivalvos son los plaguicidas (organoclorados y los organofosforados) y los metales pesados, tienen una importancia relativa, ya que pueden ser capturados y acumulados por los moluscos durante el proceso de filtración y provocar algún efecto nocivo al consumidor.

3.7 Minerales

Los minerales son elementos químicos simples, que se originan en la tierra, esenciales para el buen funcionamiento del organismo. Ninguno de los minerales esenciales puede ser sintetizado por el organismo y la única forma de conseguirlos es su absorción a partir de una alimentación sana, variada y equilibrada. ⁽²⁹⁾

Las plantas obtienen minerales desde el suelo, y la mayoría de los minerales en nuestra dieta provienen directamente de las plantas o indirectamente de fuentes animales. También están presentes en el agua que bebemos, pero varían según la ubicación geográfica. ⁽⁴³⁾

Entre los elementos y las sales disueltas esenciales para la vida, pueden convenientemente denominarse sales biogénicas o nutrientes y pueden dividirse en dos grupos: los macronutrientes y los micronutrientes. ⁽³⁷⁾

Los macronutrientes: incluyen los elementos y sus compuestos que tienen un desempeño clave en el protoplasma y que se necesitan relativamente en grandes cantidades, por ejemplo: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno (los cuatro elementos más abundantes en los sistemas biológicos) junto con potasio, sodio, calcio, magnesio, azufre, fósforo y cloro.

Los micronutrientes: incluyen aquellos elementos y sus compuestos también necesarios para el funcionamiento de los sistemas vivos, pero que se requieren en muy pequeñas cantidades: hierro, manganeso, cobre, zinc, boro, molibdeno, vanadio y cobalto.⁽³⁰⁾

3.7.1 Calcio (Ca).⁽³⁷⁾

El calcio es el mineral más abundante en el cuerpo humano, alrededor del 99% de él en el cuerpo se encuentra en huesos y dientes, mientras que el otro 1% se encuentra en la sangre y tejidos blandos. Las concentraciones de este en la sangre y en el líquido que rodea las células deben mantenerse dentro de un rango de concentración muy estrecho para el funcionamiento fisiológico normal. Sus funciones fisiológicas son tan vitales para la sobrevivencia, que el cuerpo estimulará la reabsorción del hueso (desmineralización) para mantener concentraciones de calcio sanguíneo normales cuando la ingesta de calcio es insuficiente, lo cual desgastaría el calcio acumulado en los huesos. De esta manera, una ingesta adecuada de calcio es un factor crítico en el mantenimiento de un esqueleto sano.

Un bajo nivel de concentraciones de calcio en la sangre incluye falla renal crónica, deficiencia de vitamina D y niveles bajos de magnesio sanguíneo. El calcio está íntimamente ligado a magnesio para funciones de la glándula tiroidea, como con otros minerales que constituyen el cuerpo humano.

Bajas ingestas de calcio crónicas en ejemplares en crecimiento podrían impedir la obtención del nivel máximo óptimo de masa ósea. Una vez que se alcanza la masa ósea máxima, la ingesta insuficiente de calcio podría contribuir a la pérdida ósea acelerada y en última instancia al desarrollo de osteoporosis.

3.7.2 Zinc (Zn)⁻⁽²⁾

El zinc es uno de los elementos más comunes en la corteza terrestre, se encuentra en el aire, el suelo y el agua, y está presente en todos los alimentos. En su forma pura elemental (o metálica), es un metal brillante de color blanco-azulado, en polvo es explosivo y puede estallar en llamas si se mantiene en lugares húmedos. El zinc metálico tiene muchos usos: para revestir hierro y otros metales con el objeto de prevenir el enmohecimiento y la corrosión; este proceso se conoce como galvanización.

La mayor parte del zinc en lagos y ríos se deposita en el fondo. Sin embargo, una pequeña cantidad puede permanecer disuelta en el agua o suspendida en forma de partículas finas. La cantidad de zinc disuelta en el agua puede aumentar a medida que la acidez del agua aumenta.

Es un elemento esencial que el cuerpo necesita en pequeñas cantidades, los alimentos pueden contener niveles de zinc entre aproximadamente 2 partes por millón (2 ppm) de partes de alimento.

El consumo de muy poco Zinc es un problema a la salud tan importante como el consumo demasiado. Sin el Zinc necesario en la dieta, la gente puede experimentar pérdida del apetito, disminución del sentido del gusto y del olfato y de la función del sistema inmunitario, cicatrización lenta de las heridas y llagas en la piel. Muy poco Zinc en la dieta también puede producir órganos sexuales mal desarrollados y retardo del crecimiento en hombres jóvenes. Si una mujer embarazada no ingiere suficiente Zinc, sus bebés pueden nacer con defectos de nacimiento, por ello es esencial para el desarrollo y crecimiento normales en niños. Tanto los niños como los adultos requieren una cierta cantidad de Zinc en la dieta para mantenerse en buena salud.

3.7.3 Cobre (Cu).⁽²⁾

El cobre es un metal rojizo que ocurre naturalmente en las rocas, el agua, los sedimentos y en el aire. Su concentración promedio en la corteza terrestre es aproximadamente 50 partes de cobre por millón de partes de suelo (ppm). Él también se encuentra naturalmente en todas las plantas y animales. En bajas concentraciones en la dieta es un elemento esencial para todos los organismos, incluyendo a los seres humanos y otros animales. A niveles mucho más altos pueden ocurrir efectos tóxicos.

Existen muchos compuestos de cobre, productos manufacturados como: alambre, láminas de metal, cañerías y otros productos de metal. El compuesto de cobre que se usa comúnmente es el sulfato de cobre, pueden ser reconocidos por su color azul-verdoso, usado comúnmente en agricultura para tratar enfermedades de las plantas, por ejemplo hongos, o para el tratamiento de aguas y como preservativo para madera, cuero y telas.

El cobre puede entrar al medio ambiente a través de liberaciones desde minas de cobre, fábricas que manufacturan o usan cobre metálico o compuesto de cobre, también puede entrar al medio ambiente desde basurales, del agua residual doméstica, de la combustión de desperdicios y combustibles fósiles, de la producción de madera, de la producción de abonos de fosfato y de fuentes naturales (por ejemplo, polvo en el aire, desde el suelo, volcanes, vegetación en descomposición, incendios forestales y de la espuma del mar). Por lo tanto, este elemento está ampliamente distribuido en el medio ambiente.

Cuando el cobre se libera al suelo, puede adherirse fuertemente a la materia orgánica y a otros componentes (por ejemplo, arcilla, arena entre otros) en las capas superficiales del suelo. Cuando este metal y sus compuestos se liberan

al agua, este se disuelve y puede ser transportado en el agua de superficie ya sea en la forma de compuestos o de forma libre. El cual se deposita eventualmente en los sedimentos de los ríos, lagos y estuarios.

El cobre elemental no se degrada en el ambiente, puede encontrarse en plantas y en animales, en concentraciones altas en organismos que filtran sus alimentos como por ejemplo mejillones y ostras, también se encuentra en una variedad de concentraciones en muchas bebidas y alimentos, incluso en el agua potable.

Este mineral es esencial para mantener buena salud, sin embargo, la exposición a dosis altas puede ser perjudicial. La exposición prolongada a polvos de cobre puede irritar la nariz, la boca, los ojos y causar dolores de cabeza, mareo, náusea y diarrea. Si se bebe agua que contiene niveles altos de este elemento más de lo habitual que lo normal, puede que sufra náusea, vómitos, calambres estomacales o diarrea. La ingestión intencional de niveles altos de él puede producir daño del hígado y los riñones y puede causar la muerte. No sabemos si este elemento puede producir cáncer en seres humanos, hasta el momento la EPA no lo ha clasificado como productor de carcinogenicidad en seres humanos porque no hay estudios adecuados en seres humanos o en animales.

3.7.4 Fósforo (P).⁽²²⁾

El fósforo forma la base de gran número de compuestos, de los cuales los más importantes son los fosfatos. En todas las formas de vida, los fosfatos desempeñan un papel esencial en los procesos de transferencia de energía, como el metabolismo, la fotosíntesis, la función nerviosa y la acción muscular.

Los ácidos nucleicos, que entre otras cosas forman el material hereditario (los cromosomas), son fosfatos, así como cierto número de coenzimas.

Casi todo el fósforo utilizado en el comercio está en forma de fosfatos. La mayor parte de los fertilizantes fosfatados constan de ortofosfato diácido de calcio u otofosfato ácido de calcio muy impuros, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ y CaHPO_4 . Estos fosfatos son sales del ácido ortofosfórico.

El compuesto de fósforo de mayor importancia biológica es el adenosintrifosfato (ATP), que es un éster de la sal, el tripolifosfato de sodio, muy utilizado en detergentes y ablandadores de agua. Casi todas las reacciones en el metabolismo y la fotosíntesis requieren la hidrólisis de este tripolifosfato hasta su derivado pirofosfato, llamado adenosindifosfato (ADP).

El fósforo puede ser encontrado en el ambiente más comúnmente como fosfato. Los fosfatos son sustancias importantes en el cuerpo de los humanos porque ellas son parte del material de ADN y tienen parte en la distribución de la energía.

Demasiado fosfato puede causar problemas de salud, como es daño a los riñones y osteoporosis, una disminución de fosfato también puede ocurrir y ser causado por el uso extensivo de medicinas. Demasiado o poco fosfato puede causar problemas de salud.

El fósforo en su forma pura tiene un color blanco. El fósforo blanco es la forma más peligrosa de fósforo que es conocida. Cuando este está presente en la naturaleza este puede ser un peligro serio para nuestra salud, es extremadamente venenoso y en muchos casos la exposición a él será fatal. En la mayoría de gente que muere por este elemento blanco ha sido por tragar

accidentalmente veneno de rata. Antes de que la gente muera por exposición a él; ellos a menudo experimentan náuseas, convulsiones en el estómago y desfallecimiento, puede causar quemaduras en la piel, dañar el hígado, corazón y riñones.

3.7.5 Hierro (Fe)₍₂₂₎₍₄₃₎

El hierro es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre. Es un metal maleable, tenaz, de color gris plateado y magnético que nuestro cuerpo necesita para muchas funciones, como para producir las proteínas hemoglobina en la que se encuentran los glóbulos rojos y mioglobina se encuentra en los músculos. Ellas ayudan a llevar y almacenar oxígeno en el cuerpo también es parte de muchas otras proteínas y enzimas en el cuerpo.

El cuerpo necesita una cantidad adecuada de hierro, si tiene muy poco, puede desarrollar anemia por deficiencia de él, entre las causas de deficiencia incluyen pérdida de sangre, dieta deficiente o incapacidad de absorber suficiente hierro de los alimentos. Es de reconocer que un exceso de los valores normales de hierro es tóxico para el cuerpo y tomar demasiados suplementos de él puede causar envenenamiento.

Las mejores fuentes de hierro incluyen: Legumbres secas, frutas deshidratadas, huevos (especialmente las yemas), cereales fortificados con hierro, hígado, carne roja y magra, ostras, carne de aves, carnes rojas oscuras, salmón, atún. En cantidades moderadas lo encontramos en la carne de cordero, la carne de cerdo y en los mariscos.

3.7.6 Magnesio (Mg)₍₃₃₎

El magnesio es un nutriente que el cuerpo necesita para mantenerse sano, es importante para muchos procesos que realiza el cuerpo. Por ejemplo, regula la función de los músculos y el sistema nervioso, los niveles de azúcar en la sangre, y la presión sanguínea. Además, ayuda a formar proteína, masa ósea y ADN (el material genético presente en las células).

A corto plazo, el consumo insuficiente de magnesio no produce síntomas evidentes. Cuando las personas sanas no ingieren suficiente magnesio, los riñones ayudan a retener magnesio limitando la cantidad que se elimina en la orina.

El magnesio que se encuentra naturalmente en los alimentos, es inocuo y no hace falta limitar su consumo. En la gente sana, los riñones eliminan el exceso a través de la orina. Sin embargo, no debe superar el límite máximo de magnesio proveniente de suplementos dietéticos y medicamentos, salvo que sea la recomendación médica.

3.7.7 Potasio (K).⁽³⁷⁾

El potasio es un mineral que el cuerpo necesita para funcionar apropiadamente, para producir proteínas, descomponer y utilizar los carbohidratos, desarrollar los músculos, mantener un crecimiento normal del cuerpo controlar la actividad eléctrica del corazón, controlar el equilibrio acido-básico. El funcionamiento normal del organismo depende de la estrecha regulación de las concentraciones de potasio tanto dentro como fuera de las células.⁽³⁷⁾

Muchos alimentos contienen potasio como: las carnes (carne roja y el pollo) y el pescado, como el salmón, el bacalao, la platija y las sardinas son buenas fuentes de potasio.⁽⁴³⁾

Un bajo nivel de potasio se denomina hipopotasemia. Esto puede provocar músculos débiles, ritmos anormales del corazón y un ligero aumento de la presión arterial. Por otro lado demasiado de este elemento en la sangre se conoce como hiperpotasemia lo que puede causar ritmos cardíacos anormales y peligrosos.⁽⁴³⁾

3.7.8 Sodio (Na)

Desde el punto de vista comercial, el sodio es el más importante de los metales alcalinos ocupa el sexto lugar por su abundancia entre todos los elementos de la corteza terrestre, que contiene el 2.83% de sodio en sus formas combinadas. El sodio es, después del cloro, el segundo elemento más abundante en solución en el agua de mar.⁽²²⁾

La sal (cloruro de sodio) es esencial para la vida. La estrecha regulación de las concentraciones de sodio y cloro en el cuerpo es tan importante que múltiples mecanismos trabajan para controlarlas. Aunque los estudios concuerdan en que se requiere una mínima cantidad de sal para sobrevivir, las consecuencias sobre la salud de un exceso en la ingesta de sal representan un área de continua investigación entre los científicos, clínicos expertos en salud pública. Como también es necesario para la prevención de enfermedades.⁽³⁷⁾

3.8 Metales pesados

El término de metal pesado refiere a cualquier elemento químico metálico que tenga una relativa alta densidad y sea tóxico en concentraciones incluso muy bajas. Los metales pesados se encuentran generalmente como componentes naturales de la corteza terrestre, en forma de minerales, sales u otros compuestos.⁽¹⁴⁾ No pueden ser degradados o destruidos fácilmente de forma

natural o biológica ya que no tienen funciones metabólicas específicas para los seres vivos.⁽³⁹⁾

Son peligrosos porque tienden a bioacumularse en diferentes cultivos. La bioacumulación significa un aumento en la concentración de un producto químico en un organismo vivo en un cierto plazo de tiempo, comparada a la concentración de dicho producto químico en el ambiente.⁽³⁹⁾

Existe preocupación en Salud Pública por su toxicidad aguda y crónica, por la amplia variedad de fuentes de exposición. Entre los metales que generan preocupación por su exposición ambiental, vía alimentaria principalmente, se encuentran plomo, cromo, cadmio y mercurio.⁽⁸⁾

Los metales, en cantidades mínimas o trazas, pueden ejercer efectos positivos sobre los seres vivos. Algunos de ellos en determinadas concentraciones, siempre menores al 0,01% de la masa total del organismo, son elementos esenciales para la vida como el vanadio, cromo, molibdeno, manganeso, hierro, cobalto, níquel, cobre y zinc lo son para el hombre. No obstante, pequeñas variaciones de sus concentraciones, pueden producir efectos nocivos, a veces graves, crónicos e incluso letales sobre los seres vivos.⁽³⁹⁾

En El Salvador, las principales fuentes de los metales pesados cromo, cobre, zinc, mercurio y plomo que llegan a contaminar el agua proceden de las industrias: mineras, textiles, tenerías, fertilizantes, galvanoplastias, pinturas, baterías para automóviles y fundiciones. La mayoría de ellas situadas en la zona metropolitana de San Salvador y con el río Acelhuate como desagüe. Este río se convierte en la mayor fuente de contaminación por metales pesados que van a parar al embalse Cerrón Grande; luego su posterior movimiento por el río Lempa hasta el mar, llevando hacia los moluscos marítimos toda la carga de estos contaminantes que son bio-acumulados por ellos.⁽¹⁵⁾

3.8.1 Arsénico (As)⁻⁽²⁾

El arsénico es un elemento ampliamente distribuido en la corteza terrestre. Ha sido clasificado químicamente como un metaloide, con propiedades tanto de metal como de elemento no metálico; sin embargo, se le refiere frecuentemente como un metal.

El arsénico elemental (llamado también arsénico metálico) es un material sólido de color gris acero. Sin embargo, en el ambiente el arsénico generalmente se encuentra combinado con otros elementos como por ejemplo oxígeno, cloro y azufre. Se encuentra naturalmente en el suelo y en minerales y por lo tanto puede entrar al aire, al agua y al suelo en polvo que levanta el viento. También puede entrar al agua de escorrentía o cuando se filtra a través del suelo.

Está asociado con minerales que se minan para extraer metales, como por ejemplo cobre y plomo, estos pueden entrar al ambiente cuando se extraen o funden estos minerales. También se pueden liberar a la atmósfera cantidades pequeñas de arsénico desde plantas de carbón y desde incineradores porque a menudo el carbón y los productos de desecho contienen arsénico.

El arsénico que está adherido a partículas muy pequeñas, puede permanecer en el aire varios días y moverse largas distancias. Muchos compuestos comunes de arsénico pueden disolverse en agua y encontrándose en lagos, ríos o de manera subterránea disolviéndose en la lluvia o en desagües industriales.

La fuente principal de arsénico en la dieta son los mariscos, seguidos por el arroz/cereales de arroz, hongos y aves de corral. Aunque los mariscos

contienen la cantidad alta de este elemento, principalmente en peces y mariscos está principalmente en una forma orgánica.

Si se ingiere alimentos contaminados con arsénico puede sufrir irritación del estómago y los intestinos, acompañado de dolor estomacal, náusea, vómitos y diarrea. Otros efectos que puede ocurrir reducción de la producción de glóbulos rojos y blancos, lo que puede causar fatiga, ritmo cardíaco anormal, daño de los vasos sanguíneos (lo que produce contusiones) y alteraciones de la función de los nervios (lo que produce una sensación de hormigueo en las manos y los pies).

3.8.2 Cromo (Cr)₍₂₎₍₈₎

El cromo es un elemento que ocurre naturalmente en rocas, animales, plantas y en el suelo, en donde existe en combinación con otros elementos para formar varios compuestos.

Se le puede encontrar en el aire, el suelo y el agua después de ser liberado por industrias que usan cromo, tales como industrias involucradas en galvanoplastia, curtido de cuero, producción de textiles, y en la manufactura de productos en base a cromo, también puede ser liberado al ambiente al quemar gas natural, petróleo o carbón. Este generalmente no permanece en la atmósfera, sino que se deposita en el suelo y el agua.

El problema de salud más común que ocurre en trabajadores expuestos al cromo involucra a las vías respiratorias. Estos efectos incluyen irritación del revestimiento del interior de la nariz, secreción nasal, y problemas para respirar (asma, tos, falta de aliento, respiración agitada). También han desarrollado

alergias a compuestos de cromo, lo que puede producir dificultad para respirar y salpullido en la piel.

Las concentraciones de cromo en el aire pueden producir efectos pueden ser diferentes para los tipos de compuestos de este elemento. Así, estos efectos ocurren con concentraciones de cromo (VI) mucho más bajas que de cromo (III). Sin embargo, las concentraciones que causan problemas respiratorios son por lo menos 60 veces más altas que los niveles que se encuentran normalmente en el ambiente.

3.8.3 Plomo (Pb)

El plomo es uno de los contaminantes que se encuentra más ampliamente distribuido en la naturaleza. Su elevada resistencia a la corrosión le ha hecho encontrar numerosas aplicaciones, entre las que destacan la fabricación de baterías y de soldaduras. Sus derivados tanto orgánicos como inorgánicos también encuentran aplicación en muchos sectores como la industria del vidrio y de la cerámica, la fabricación de pinturas y de aditivos para las gasolinas entre otros.⁽⁴⁴⁾

Se encuentra en el ambiente en forma natural. Sin embargo, la mayoría de los niveles altos que se encuentran en el ambiente se originan de actividades humanas. Sus niveles ambientales han aumentado más de mil veces durante los tres últimos siglos como consecuencia de la actividad humana. El mayor incremento ocurrió entre los años 1950 y 2000 y reflejó el aumento del uso de gasolina con plomo en todo el mundo.⁽²⁾

Este elemento que puede terminar en el agua y suelos a través de la corrosión de las tuberías de hechas de plomo en los sistemas de transporte y a través de la corrosión de pinturas que lo contienen.⁽⁴⁴⁾

Estos llegan a acumularse en los cuerpos de los organismos acuáticos y del suelo, los cuales experimentarán efectos en su salud por envenenamiento por plomo. Los efectos sobre la salud de los crustáceos pueden tener lugar incluso cuando solo hay pequeñas concentraciones de este elemento.⁽⁴⁴⁾

El plomo en el ser humano es absorbido y se distribuye en distintos órganos y tejidos como riñón, hígado, encéfalo y huesos. Dada su similitud con el calcio, el mayor depósito de plomo se localiza en el tejido óseo. Entre los efectos tóxicos del plomo destaca su acción sobre el riñón y el sistema nervioso, reproductor, hematopoiético e inmune. La ingestión crónica de este elemento se acompaña con frecuencia de anemias leves por inhibición de la síntesis de hemoglobina y reducción de la vida de los eritrocitos en circulación. También puede producirse una alteración del sistema nervioso que se manifiesta con deterioros mentales y parálisis motoras. Por otra parte hay evidencia de que exposiciones muy prolongadas, aunque sean bajas, pueden producir nefropatías crónicas.⁽⁴⁴⁾

3.9 Valores máximos permisibles de metales pesados en moluscos bivalvos

La inocuidad de los moluscos bivalvos puede verse afectada por problemas de contaminación debido a industrias, actividades agrícolas, asentamientos y actividades humanas, ríos, fenómenos naturales, falta de instalaciones adecuadas y a la carencia de programas eficientes de higiene del personal. Asimismo, por un uso inadecuado de medicamentos veterinarios y sustancias químicas, que son utilizadas por algunos productores como una forma de reducir la probabilidad de aparición de enfermedades en los organismos.⁽¹⁵⁾

La preocupación por la inocuidad e higiene en el manejo de los moluscos bivalvos y los casos de enfermedades y epidemias causadas por el consumo de

los mismos, ha llevado a la iniciativa privada y las autoridades gubernamentales en esta materia, al desarrollo de lineamientos y procedimientos que minimicen la posibilidad de riesgos de contaminación en estos productos.⁽¹⁵⁾

La intoxicación por metales pesados ha provocado una gran preocupación en entidades internacionales dedicadas al cuidado de la salud de las personas como la Organización Mundial de la Salud, la FAO y UE, las mismas que han planteado límites permisibles en los diferentes alimentos, debido a que en algunos países han ocurrido casos en los que han tenido que retirar productos del mercado por contener un elevado contenido de metales.⁽¹²⁾

En particular el Codex Alimentarius hoy en día ha trabajado en crear Estándares o normas guías relacionadas con los alimentos para el consumo humano; en donde cada país es invitado a evaluar y a aceptar dichos estándares.

Un caso en particular del Codex Alimentarius para moluscos bivalvos que son extraídos, comercializados y consumidos en las zonas turísticas de diferentes países; se recomienda, que estos se encuentren libres de toxinas y compuestos químicos como organoclorados y organofosforados, además estos estén libres de contaminantes por metales pesados (mercurio, cadmio, plomo, cobre, plata, arsénico, selenio y cromo) que pueden incorporarse y acumularse en estos moluscos y por ende afectar la salud de la población que los consume.⁽¹²⁾

Para ello el Codex Alimentarius recomienda valores máximos permisibles de elementos considerados como metales pesados dentro de los moluscos bivalvos consumidos frescos, los cuales se presentan a continuación los metales de interés en este estudio.⁽¹²⁾

Tabla N° 2. Valores máximos permisibles de metales pesados con aspectos de inocuidad de moluscos bivalvos.⁽¹³⁾

Metales Pesados	Consideraciones	Valores Máximos FDA
Plomo (Pb)	Afectan el sistema nervioso	1.5 a 6.3 µg/g
Arsénico (As)	-----	110 a 130 µg/g
Cromo (Cr)	-----	17 a 20 µg/g

3.10 Valores de tabla de composición de alimentos INCAP⁽³⁰⁾

La tabla de composición de Alimentos de Centroamérica está compuesta por un listado de alimentos con cifras correspondientes al contenido de nutrientes para 100 g de porción comestible de cada alimento, (Ver Tabla N° 3) la cual se usará para verificar si existe diferencia significativa con los resultados obtenidos de minerales presentes en *Anadara tuberculosa*, en el estudio.

Tabla N° 3. Contenido de nutrientes para 100 g de porción comestible.⁽³⁰⁾

Nutriente	Calcio (mg)	Cobre (mg)	Fósforo (mg)	Hierro (mg)	Potasio (mg)	Sodio (mg)	Zinc (mg)	Magnesio (mg)
Conchuela concha, carne	24.00	---	219.00	0.29	322.00	161.00	0.95	56.00

3.11 Generalidades del lugar en estudio Bahía de Jiquilisco

El territorio de la bahía de Jiquilisco pertenece al departamento de Usulután y se describe política y administrativamente a los municipios de Jiquilisco, Puerto El Triunfo, Usulután, San Dionisio, Concepción Batres y Jucuarán, los cuales

pertenece al mismo departamento. Los municipios a la vez se dividen en cantones y caseríos.⁽¹⁸⁾

El área natural de la bahía de Jiquilisco se encuentra ubicada en la región oriental del Salvador, entre los 13° 15' y 13° 18' Latitud Norte y 88° 48' y 88° 15' Longitud Oeste, en un gradiente altitudinal que va de los 0 a 500 msnm, y pertenece a las cuencas hidrográficas del Lempa, El Espino, El Potrero, Nanachepa, Aguacayo, El Cacao, El Quebrado, La Poza, Grande de San Miguel, El Convento, La Ringlera, Seca y Mungía.⁽²⁸⁾ (Ver Figura N° 6)

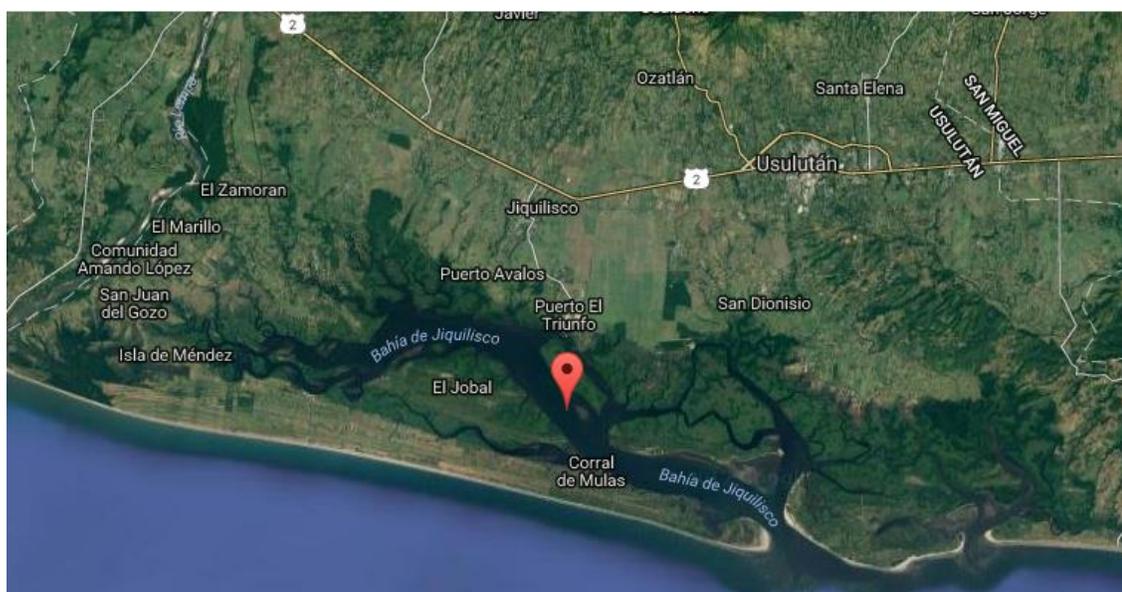


Figura N° 6. Mapa e imagen satelital de Bahía de Jiquilisco.⁽²⁶⁾

La Bahía de Jiquilisco está dentro de la zona central de pesca y representa una hidrografía sumamente compleja. La captura de curiles sólo llega de 12 a 24 unidades por faena de pesca por pescador en los últimos años. Actualmente, se dice que existen de 3,000 a 5,000 pescadores en la Bahía de Jiquilisco, que se dedican exclusivamente a la captura de moluscos.⁽¹⁾

A partir de los estudios sobre pesca a nivel nacional (MARN/VMVDU) y los sondeos en la Bahía de Jiquilisco, entre las especies de peces, moluscos y crustáceos más capturadas para la comercialización por los pescadores artesanos se encuentran Puerto parada e Isla Méndez como más destacados.⁽²⁸⁾

En los manglares de la Bahía existe una gran variedad de curil y contribuye en gran medida a la biomasa del bosque salado. Además, tiene un alto valor comercial y alimenticio para las familias de la zona. De tal manera que en el marco de la actividad pesquera artesanal la extracción del curil constituye una fuente de ingresos muy importante a lo largo de la Bahía de Jiquilisco.⁽²⁸⁾

La Bahía de Jiquilisco constituye la mayor extensión de agua salobre y bosque salado de El Salvador. Los manglares de la Bahía de Jiquilisco desempeñan una función hidrológica, biológica y ecológica apreciable para el funcionamiento natural de sus cuencas hidrográficas (Lempa, Grande de San Miguel y las situadas entre estos) y para el mantenimiento de su sistema costero al desempeñar un papel importantísimo en el control, prevención de inundaciones actuando también como excelentes protectores de suelo.⁽¹⁸⁾

3.12 Afluentes de Contaminación a la bahía de Jiquilisco.

Es importante conocer aspectos hídricos, las actividades antropogénicas y naturales que influyen a la contaminación de la bahía de Jiquilisco.

3.12.1 Hidrología ⁽¹⁸⁾

En referencia a la hidrología de la Bahía de Jiquilisco se puede decir que drena una gran cantidad de cuencas hidrográficas que van desde la desembocadura

del Río Lempa y las cuencas que forman la bahía, a parte de la del Río Grande de San Miguel.

Estas cuencas hidrográficas se dividen en tres: La del río Lempa (subcuenca de la desembocadura que afecta directamente a la Bahía de Jiquilisco y posee una superficie de 10,674.125 ha), la comprendida entre el río Lempa y el Grande de San Miguel; y la del río Grande de San Miguel.

La cuenca de los Ríos Lempa y Grande de San Miguel está formada por varias subcuencas, es altamente permeable con una cobertura vegetal aceptable, escorrentía superficial media y arrastre de sedimentos. Tiene una superficie de 971 km² y sus ríos principales son: El Espino o Borbollón, El Potrero, Nanachepa, Aguacayo, El Cacao, Chahuantique, El Quebrado y el Molino.

La cuenca del Río Grande de San Miguel tiene una superficie de 2,246.8 km² y su curso principal mide 126.5 km; sus afluentes principales son los ríos: Seco, Villerías, Los Amates, San Antonio, Chávez o Guayabo, San Esteban Taisihuat, Ereaguayquín, Papalón, Miraflores y Chilanguera.

La cuenca de los ríos: El Arco (808 ha), El Convento (1,028 ha), La Ringlera (1,665 ha), Seca (2,109 ha) y Murguía (1,687 ha) tiene una superficie conjunta de 7,277 ha. Son ríos que nacen en las estribaciones del lado sur de la Sierra de Jucuarán, ubicados en las áreas con existencia de bosque tropical seco. Luego se encuentra el Río Grande de San Miguel con toda su red de afluentes que desembocan en el Estero El Desagüe. Continúan después los ríos: El Convento, La Ringlera, El Amatillo, Seca y Munguía.

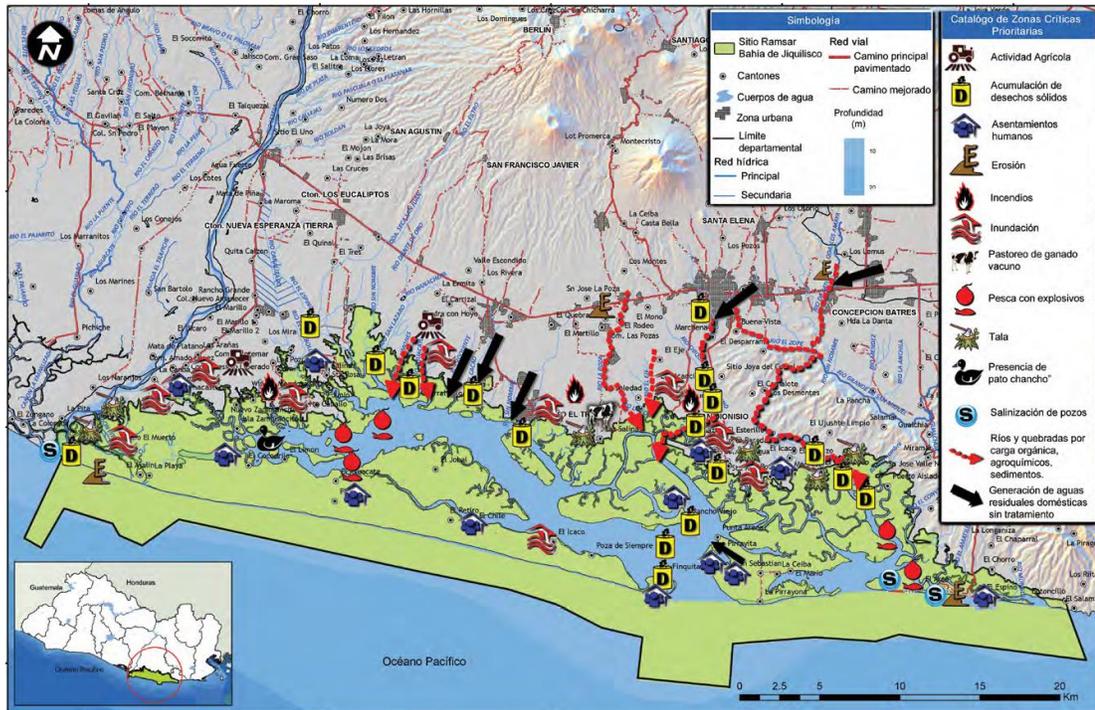


Figura N° 8. Zonas afectadas por diversas actividades. (6)

CAPITULO IV
DISEÑO METODOLÓGICO

4.0 DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo de Estudio

- **Exploratorio**

Se desarrolló un estudio exploratorio desde el punto de vista nutricional e inocuidad química de los moluscos bivalvos *Anadara tuberculosa* que son de interés comercial y de alto consumo en el país y que actualmente se conoce poco.

- **Experimental**

Estudio que se basó en pruebas de laboratorio, cuyos análisis se realizaron para la cuantificación de minerales y metales pesados en *Anadara tuberculosa*. Los ejemplares fueron extraídos de los manglares de la Bahía de Jiquilisco y se analizaron en el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

- **Prospectivo**

Los datos obtenidos en la investigación serán de información sustentable para facilitar investigaciones futuras relacionadas al tema.

- **Retrospectivo**

Se investigaron antecedentes y compiló información de estudios, artículos o investigaciones sobre los minerales y metales pesados en *Anadara tuberculosa*.

4.2 Investigación bibliográfica

Para el desarrollo del presente trabajo, la investigación bibliográfica se llevó a cabo en las siguientes bibliotecas:

- “Dr. Benjamín Orozco” de la Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador (UES).
- Ciencias Naturales y Matemática, de la Universidad de El Salvador (UES).
- Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador (UES).
- Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador (UES).
- Internet

4.3 Investigación de campo

La investigación de campo se llevó a cabo en la Bahía de Jiquilisco situada en el departamento de Usulután, (Ver Anexo N° 1), realizando una primera visita para el reconocimiento del lugar, en la que se sostuvo una reunión con autoridades del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), (Ver Anexo N° 2) entidad gubernamental encargada de la gestión ambiental del país, la cual fue el vínculo para entrar a la zona protegida. Se asignaron dos guardarecursos para colaborar en el proceso de la selección de los sitios y toma de muestra. Los criterios para la selección de los sitios fueron: influencia de factores contaminantes como: descargas urbanas, descargas industriales, actividades agrícolas cercanas, actividades humanas (aseo personal o lavandería), turismo y desembocaduras de ríos; como segundo criterio que los lugares coincidieran con sitios de reproducción del molusco, estableciendo así los sitios de muestreo en los que se realizó la obtención de moluscos bivalvos *Anadara tuberculosa*.

En la segunda visita, se procedió a la extracción y recolección de las muestras de *Anadara tuberculosa* en tres sitios de los seleccionados, en el cual se contó con la colaboración de una persona lugareña con conocimientos de los sitios de mayor reproducción de esta especie, los sitios restantes de muestreo se cubrieron en una tercera visita, haciendo un total de seis sitios de muestreo donde se procedió a la toma de los ejemplares de *Anadara tuberculosa* que se trasladaron al laboratorio del Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, en los meses de julio-agosto, durante el año 2017, para ser tratadas.

Universo

Moluscos bivalvos presentes en el litoral de El Salvador.

Muestra

Moluscos bivalvos *Anadara tuberculosa* extraído de seis sitios de muestreo en la Bahía de Jiquilisco. En cada sitio se definieron tres puntos y en cada punto se recolectaron quince ejemplares, haciendo un total de noventa, equivalentes a dieciocho muestras las cuales se analizaron por triplicado.

4.4 Diseño estadístico.⁽⁴⁾⁽³¹⁾

A los resultados de minerales y metales pesados cuantificados en *Anadara tuberculosa*, se les realizaron un análisis de varianza no paramétrico (Kruskal-Wallis) con el cual se determinó si existe diferencia significativa entre los sitios de muestreo, evaluando los factores y comparando las medianas de la variable en los diferentes análisis.

La prueba de Kruskal-Wallis es el método más adecuado para comparar poblaciones cuyas distribuciones no son normales. Se utiliza para comparar más de dos grupos de rangos (medianas) y determinar que la diferencia sea estadísticamente significativa comparando el valor p con el nivel de significancia para evaluar la hipótesis nula, que indica que la mediana de la población son todas iguales con un nivel de significancia 0.05, indicando un riesgo 5% de que existe una diferencia entre ellas.

Siendo la Hipótesis nula H_0 : no existe diferencia en la mediana del contenido de minerales entre cada sitio de muestreo. Y la Hipótesis alterna H_a : al menos uno de los sitios de muestreo tiene mediana distinta a los otros.

4.5 Parte experimental

4.5.1 Toma de muestra

La toma de muestra se llevó a cabo en la Bahía de Jiquilisco, en los seis sitios seleccionados donde hay presencia de la especie *Anadara tuberculosa* (Ver Anexo N° 3, Figura N° 50). El trasbordo hacia los sitios de muestreo se realizó en lancha de motor fuera de borda, donde se embarcó desde Puerto Parada hasta los lugares de destino (Ver Anexo N° 3, Figura N° 51) donde se tomaron coordenadas de georeferencia y fotografías, documentando así cada sitio. Se contó con la colaboración de dos colectores de conchas llamado también curilero, quienes se equiparon de manera artesanal para la faena, colocándose un guante de hule que cubre la mano y el ante brazo, para evitar laceraciones en los dedos con las raíces de los mangles (Ver Anexo N° 3, Figura N° 52).

Al llegar al sitio de muestreo seleccionado, se dividió en tres puntos, manteniendo una distancia entre ellos de cinco metros aproximadamente, en

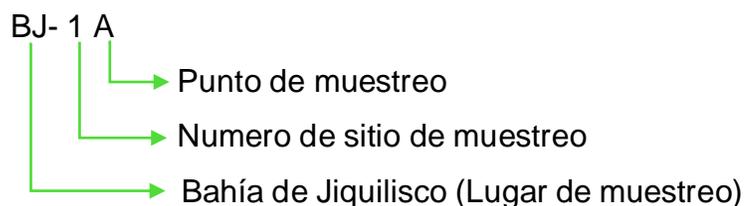
cada punto se extrajeron cinco ejemplares de *Anadara tuberculosa*, obteniéndose quince ejemplares por sitio. En total, de los seis sitios se recolectó noventa ejemplares, con talla no menor a 4.5 cm de longitud (Ver Anexo N° 3, Figura N° 53) talla tomada del artículo No. 12 del Reglamento para aplicación de la Ley General de las Actividades Pesqueras.

Los ejemplares recolectados en cada sitio de muestreo se depositaron en bolsas de polietileno con sello hermético (Ver Anexo N° 3, Figura N° 54), identificadas con un código adecuado al orden y sitio de muestreo visitado (Ver Tabla N° 4)

Tabla N° 4. Identificación y distribución de sitios de muestreo.

Sitio de muestreo	Punto de muestreo	N° de ejemplares	Identificación de muestra	Total de ejemplares por sitio de muestreo
1	A	5	BJ-1A BJ-1B BJ-1C	15
	B	5		
	C	5		
2	A	5	BJ-2A BJ-2B BJ-2C	15
	B	5		
	C	5		
3	A	5	BJ-3A BJ-3B BJ-3C	15
	B	5		
	C	5		
4	A	5	BJ-4A BJ-4B BJ-4C	15
	B	5		
	C	5		
5	A	5	BJ-5A BJ-5B BJ-5C	15
	B	5		
	C	5		
6	A	5	BJ-6A BJ-6B BJ-6C	15
	B	5		
	C	5		
TOTAL				90

A continuación, se muestra el esquema de codificación para la identificación de muestras.



Así, el código BJ-1A, proporciona la siguiente información: la muestra fue tomada en la bahía de Jiquilisco, en el sitio de muestreo 1, en el punto A.

Finalmente, las muestras se transportaron en hieleras hasta el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, para su respectivo análisis (Ver Anexo N° 3, Figura N° 55). Con este número de moluscos recolectados por cada punto de muestreo se logró obtener la cantidad de muestra seca necesaria para su preparación y realización de los análisis de laboratorio.

4.5.2 Preparación de la muestra.

Las muestras se analizaron en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

- Los ejemplares se lavaron con abundante agua de chorro, con la ayuda de un cepillo para eliminar todo el sedimento presente en la superficie de la concha (Ver Anexo N° 3, Figura N° 56).
- Se enjuagaron con abundante agua de chorro y agua destilada para eliminar el remanente de residuos en la superficie de esta.

- Una vez limpios los ejemplares se colocaron sobre bandejas plásticas y se introdujeron en el refrigerador por un periodo de dos horas, con el objetivo que el espécimen muriera por el choque térmico, facilitando la abertura de las valvas (Ver Anexo N° 3, Figura N° 57).
- Usando de cucharas de polietileno se separaron las valvas y se extrajo la parte blanda y comestible de la concha, la cual se colocó en una caja petri previamente tarada y se trasladaron a una estufa, a temperatura de 60-70 °C por un periodo de 48 horas para eliminar la humedad presente (Ver Anexo N° 3, Figura N° 58).
- Al cumplir este tiempo, se pesó nuevamente la caja petri para determinar el porcentaje de humedad y se relacionó a materia seca.
- Las muestras secas fueron trituradas utilizando un mortero y pistilo para su homogenización (Ver Anexo N° 3, Figura N° 59).
- Posteriormente se determinó la humedad total en estufa de vacío a 105 °C a 5 atm de presión por 5 horas.

4.5.3 Tratamiento de la muestra.⁽⁵⁾

De cada muestra pulverizada:

- Se pesó dos gramos en un crisol previamente tarado (Ver Anexo N° 3, Figura N° 60).
- Se calentó suavemente en un hot plate hasta una carbonización parcial.

- Posteriormente se calcino en un horno de mufla a 500 °C por dos horas (Ver Anexo N° 3, Figura N° 61).
- Las cenizas formadas se humedecieron con 3.0 mL de agua bidestilada y después se añadió 5.0 mL de ácido clorhídrico concentrado para disolver las sales, la solución se calentó hasta generar un vapor de color blanco.
- Se enfrió y luego se filtraron las cenizas utilizando papel filtro Whatman 42.
- El filtrado se recibió en un balón volumétrico de 50.0 mL.
- Se llevó a volumen con agua bidestilada, para su posterior análisis (Ver Anexo N° 3, Figura N° 62).

4.5.4 Análisis realizados

A las muestras de *Anadara tuberculosa* que se obtuvieron de cada punto de muestreo, se les realizó análisis por triplicado, para lecturas de 8 minerales y 3 metales pesados, teniendo un total de 594 resultados.

Los resultados fueron comparados para determinar si existe diferencia significativa entre cada sitio de muestreo, realizando un análisis de varianza (prueba de Kruskal-Wallis).

Los análisis se distribuyeron de la siguiente manera:

Tabla N° 5. Análisis que se realizaron a muestras de *Anadara tuberculosa*

Identificación de muestra			Análisis (3 repeticiones)	Total de análisis por sitio	
BJ	1A	1B	1C	Ca Zn	99
	2A	2B	2C	Cu P	99
	3A	3B	3C	Fe Mg	99
	4A	4B	4C	K Na	99
	5A	5B	5C	As Cr	99
	6A	6B	6C	Pb	99
Total					594

4.5.5 Determinación del contenido de minerales por el Método de Espectrofotometría de Absorción atómica de llama, (Método AOAC 985.35)⁽⁵⁾

Fundamento

Se basa en la absorción de luz por parte de un elemento en estado atómico. La longitud de onda a la cual la luz es absorbida es específica de cada elemento. Se mide la atenuación de la intensidad de la luz como resultado de la absorción, siendo la cantidad de radiación absorbida proporcional a la cantidad de átomos del elemento presente. El método involucra fundamentalmente dos procesos: la atomización de la muestra y la absorción de radiación proveniente de una fuente por los átomos libres.

Los dos métodos más utilizados para lograr la atomización de la muestra incluyen la utilización de una llama (empleada en la absorción atómica con llama, FAAS) o el uso de energía electrotérmica en horno de grafito (GFAAS).

La técnica de GFAAS permite bajar los límites de detección al rango de partes por billón (ppb) con una instrumentación relativamente sencilla y sin los esfuerzos y pérdidas de tiempo que conllevan las técnicas de extracción previa.

Determinación de Calcio.⁽⁵⁾ (Ver Anexo N° 4, Figura N° 65)

Procedimiento

Preparación de Reactivos

Soluciones estándares de Ca (Ver Anexo N° 5-A)

- A partir de la solución madre de calcio (1000 ppm Ca), preparar una solución stock de 20.0 ppm.
- A partir de la solución stock preparada anteriormente, hacer las diluciones necesarias para obtener soluciones estándar de 0.3, 1.0, 3.0 y 6.0 ppm de Ca, llevar a volumen utilizando agua destilada.

Solución de lantano (50 g/L)

- Disolver 67 g de cloruro de lantano agregando pequeñas porciones de ácido clorhídrico (1:1) poco a poco, luego adicionar agua bidestilada hasta un volumen de 500.0 mL.

Preparación del blanco

- En un balón volumétrico de 100.0 mL, adicionar 5.0 mL de ácido clorhídrico.
- Agregar 6.0 ml de solución de lantano (50 g/L), llevar a volumen con agua bidestilada y homogenizar.
- Colocar blanco en equipo de absorción atómica y leer.

Nota: El valor obtenido será utilizado para la corrección del valor obtenido en la medición de la muestra.

Muestra

- De la muestra tratada pipetear 25.0 mL del filtrado y transferirlo a un balón volumétrico de 100.0 mL.
- Adicionar 6.0 mL de solución de lantano (50 g/L).
- Llevar a volumen con agua bidestilada y homogenizar.
- Colocar la muestra en equipo de absorción atómica y leer.

Nota: En caso de ser necesario, realizar diluciones adecuadas de la muestra tratada. Usar para ellas agua bidestilada.

Condiciones de medición

Longitud de onda: 422.7 nm

Rango de concentración de curva de calibración: 0.3-6.0 µg/mL

Determinación de Zinc.⁽⁵⁾ (Ver Anexo N° 4, Figura N° 66)

Procedimiento

Preparación de solución estándar

Solución estándar de Zn (Ver Anexo N° 5-B)

- A partir de la solución madre de zinc (1000 ppm Zn), preparar una solución stock de 20.0 ppm.
- A partir de la solución stock preparada anteriormente, hacer las diluciones necesarias para obtener soluciones estándar de 0.05, 0.10, 0.50 y 1.0 ppm de Zn. Usando agua bidestilada para las soluciones.

Preparación del blanco

- Adicionar en un balón volumétrico de 100.0 mL, 5.0 mL de ácido clorhídrico.
- Llevar a volumen con agua bidestilada y homogenizar.
- Colocar blanco en equipo de absorción atómica y leer.

Nota: El valor obtenido será utilizado para la corrección del valor obtenido en la medición de la muestra.

Muestra

- De la muestra tratada pipetear 25.0 mL del filtrado a un balón volumétrico de 100.0 mL
- Llevar a volumen con agua bidestilada y homogenizar.
- Colocar la muestra en equipo de absorción atómica y leer.

Nota: La muestra tratada puede ser utilizada directamente en caso de que la concentración de Zn en la muestra sea pequeña. En caso de ser necesario, realizar diluciones adecuadas de la muestra tratada.

Condiciones de medición

Longitud de onda: 213.86 nm

Rango de concentración de curva de calibración: 0.05-1.0 µg/mL

Determinación de Cobre.⁽⁵⁾ (Ver Anexo N° 4, Figura N° 67)**Procedimiento****Preparación de Reactivos**

Solución estándar de Cu (Ver Anexo N° 5-C)

- A partir de la solución madre de Cobre (1000 ppm Cu), preparar 250.0 mL de una solución stock de 20 ppm.
- A partir de la solución stock preparada anteriormente, hacer las diluciones 0.2, 1.0, 2.0 y 4.0 ppm.

Preparación del blanco

- Adicionar en un balón volumétrico de 100 mL, 5 mL de ácido clorhídrico, llevar a volumen con agua bidestilada y homogenizar.

Muestra

- De la muestra tratada pipetear 25.0 mL, transferir a un balón volumétrico de 100.0 mL
- Llevar a volumen con agua bidestilada y homogenizar.

Nota: La muestra tratada puede ser utilizada directamente en caso de que la concentración de Cu en la muestra sea pequeña. En caso de ser necesario, realizar diluciones adecuadas de la muestra tratada.

Condiciones de medición

Longitud de onda: 324.7 nm.

Rango de concentración de curva de calibración: 0.2-4 µg/mL

Determinación de Hierro.⁽⁵⁾ (Ver Anexo N° 4, Figura N° 68)

Procedimiento

Preparación de solución estándar

Solución estándar de Fe (Ver Anexo N° 5-D)

- A partir de la solución madre de Hierro (1000 ppm Fe), preparar una solución stock de 20.0 ppm.
- A partir de la solución stock preparada anteriormente, hacer las diluciones necesarias para obtener soluciones estándar de 0.3, 1.0, 3.0 y 6.0 ppm de Fe. Usar agua bidestilada para las soluciones

Preparación del blanco

- Adicionar en un balón volumétrico de 100.0 mL, 5.0 mL de ácido clorhídrico
- Llevar a volumen con agua bidestilada y homogenizar
- Colocar el blanco en equipo de absorción atómica y leer.

Nota: El valor obtenido será utilizado para la corrección del valor obtenido en la medición de la muestra.

Muestra

- De la muestra tratada pipetear 25.0 mL del filtrado a un balón volumétrico de 100.0 mL
- Llevar a volumen con agua bidestilada y homogenizar.
- Colocar la muestra en equipo de absorción atómica y leer.

Nota: La muestra tratada puede ser utilizada directamente en caso de que la concentración de Fe en la muestra sea pequeña. En caso de ser necesario, realizar diluciones adecuadas de la muestra tratada.

Condiciones de medición

Longitud de onda: 248.3 nm

Rango de concentración de curva de calibración: 0.3-6.0 µg/mL

Determinación de Magnesio.⁽⁵⁾ (Ver Anexo N° 4, Figura N° 69)

Procedimiento

Preparación de Reactivos

Solución estándar de Mg (Ver Anexo N° 5-E)

- A partir de la solución madre de Magnesio (1000 ppm Mg), preparar una solución stock de 20.0 ppm.
- A partir de la solución stock preparada anteriormente, hacer las diluciones necesarias para obtener soluciones estándar de 0.10, 0.25, 0.5 y 1.0 ppm Mg.

Solución de lantano (50 g/L)

- Disolver 67.0 g de cloruro de lantano agregando pequeñas porciones de ácido clorhídrico (1:1) poco a poco, adicionar agua bidestilada hasta un volumen de 500.0 mL.

Preparación del blanco

- En un balón volumétrico de 100.0 mL, adicionar 5.0 mL de ácido clorhídrico diluido y luego agregar 6.0 mL de solución de lantano (50g/L)
- Llevar a volumen con agua bidestilada y homogenizar.
- Colocar blanco en equipo de absorción atómica y leer.

Nota: El valor obtenido será utilizado para la corrección del valor obtenido en la medición de la muestra.

Muestra

- De la muestra tratada pipetear 25.0 mL del filtrado y transferirlo a un balón volumétrico de 100.0 mL
- Adicionar 6.0 mL de solución de lantano (50 g/L)

- Llevar a volumen con agua bidestilada y homogenizar.
- Colocar la muestra en equipo de Absorción Atómica y leer.

Nota: En caso de ser necesario, realizar diluciones adecuadas de la muestra tratada.

Condiciones de medición

Longitud de onda: 285.2 nm

Rango de concentración de curva de calibración: 0.05-1.00 µg/mL

Determinación de Potasio⁽⁵⁾ (Ver Anexo Nº 4, Figura Nº 70)

Procedimiento

Preparación de solución estándar

Solución estándar de K (Ver Anexo 5-F)

- A partir de la solución madre de Potasio (1000 ppm K), preparar una solución stock de 20.0 ppm.
- A partir de la solución stock preparada anteriormente, hacer las diluciones necesarias para obtener soluciones estándar de 0.10, 0.25, 0.50 y 1.0 ppm de K.

Preparación del blanco

- Adicionar en un balón volumétrico de 100.0 mL, 5.0 mL de ácido clorhídrico
- Llevar a volumen con agua bidestilada y homogenizar.
- Colocar el blanco en equipo de absorción atómica y leer.

NOTA: El valor obtenido será utilizado para la corrección del valor obtenido en la medición de la muestra.

Muestra

- De la muestra tratada pipetear 25.0 mL del filtrado a un balón volumétrico de 100.0 mL
- Llevar a volumen con agua bidestilada y homogenizar.

Nota: La muestra tratada puede ser utilizada directamente en caso de que la concentración de K en la muestra sea pequeña. En caso de ser necesario, realizar diluciones adecuadas de la muestra tratada.

Condiciones de medición

Longitud de onda: 766.5 nm

Rango de concentración de curva de calibración: 0.1-1.0 µg/mL

Determinación de Sodio.⁽⁵⁾ (Ver Anexo N° 4, Figura N° 71)**Procedimiento****Preparación de estándar**

Solución estándar de Na (Ver Anexo N° 5-G)

- A partir de la solución madre de Sodio (1000 ppm), preparar una solución stock de 20.0 ppm.
- A partir de la solución stock preparada anteriormente, hacer las diluciones 0.05, 0.1, 0.50 y 1.0 ppm Na.

Preparación del blanco

- Adicionar en un balón volumétrico de 100.0 mL, 5.0 mL de ácido clorhídrico.
- Llevar a volumen con agua bidestilada y homogenizar.
- Colocar el blanco en equipo de absorción atómica y leer.

Nota: El valor obtenido será utilizado para la corrección del valor obtenido en la medición de la muestra.

Muestra

- De la muestra tratada pipetear 25.0 mL del filtrado a un balón volumétrico de 100.0 mL.
- Llevar a volumen con agua bidestilada y homogenizar.
- Colocar la muestra en equipo de Absorción Atómica y leer.

Nota: La muestra tratada puede ser utilizada directamente en caso de que la concentración de Na en la muestra sea pequeña. En caso de ser necesario, realizar diluciones adecuadas de la muestra tratada.

Condiciones de medición

Longitud de onda: 589.0 nm

Rango de curva de calibración: 0.05-1.0 µg/mL

4.5.6 Determinación espectrofotométrica de Fósforo₍₅₎ (Ver Anexo N° 4, Figura N° 72)

Procedimiento

Preparación de Reactivos

Solución estándar de P (Ver Anexo N° 5-H)

- Preparar una solución madre con 0.2397 g de estándar primario de KH_2PO_4 en agua bidestilada.
- Llevar a volumen en un balón volumétrico de 250.0 mL

- A partir de la solución madre, hacer las diluciones necesarias para obtener soluciones estándar de 5.0, 10.0, 15.0 y 20.0 ppm, llevar a volumen de 100 mL utilizando agua bidestilada.

Solución de molibdato-vanadato

- Molibdato de amonio 5.0%
Pesar 5.0 gramos de molibdato de amonio y llevar a volumen en balón volumétrico de 100.0 mL.
- Vanadato de amonio 0.25%
Disolver 0.25 gramos de vanadato de amonio en cerca de 50.0 mL de agua destilada hirviendo. Enfriar y agregar 35.0 mL de ácido nítrico concentrado. Enfriar y llevar a volumen de 100.0 mL en balón volumétrico.
- Reactivo molibdato-vanadato
Mezclar volúmenes iguales de las soluciones de molibdato de amonio 5% y vanadato de amonio 0.25 % filtrar y usar el mismo día.

Preparación del blanco

- Agregar en un balón volumétrico de 100.0 mL, 5.0 mL de ácido clorhídrico y llevar a volumen con agua bidestilada.
- Colocar 5.0 mL de la solución preparada en un tubo
- Adicionar 2.0 mL de solución de molibdato-vanadato
- Dejar reposar por 30 minutos.
- Colocar esta solución en el espectrofotómetro visible y leer.

Nota: El valor obtenido será utilizado para la corrección del valor obtenido en la medición de la muestra.

Curva de calibración

- De los estándares 5.0, 10.0, 15.0 y 20.0 ppm, pipetear 5.0 mL a un tubo de ensayo correspondientemente
- Adicionar 2.0 mL de solución de molibdato-vanadato.
- Dejar reposar por 30 minutos.
- Colocar la muestra en equipo espectrofotómetro visible y leer.

Nota: El valor obtenido será utilizado para crear la curva de calibración.

Muestra

- De la muestra tratada pipetear 5.0 mL a un tubo de ensayo y adicionar 2.0 mL de solución de molibdato-vanadato.
- Dejar reposar por 30 minutos.
- Colocar la muestra en equipo espectrofotómetro visible y leer.

Nota: En caso de ser necesario, realizar diluciones adecuadas de la muestra tratada.

Condiciones de medición

Longitud de onda: 400 nm

Rango de concentración de curva de calibración: 5.0-20.0 µg/mL

4.5.7 Determinación de metales pesados por el método de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito y generador de hidruros.⁽⁵⁾

Determinación de Arsénico.⁽⁵⁾ (Ver Anexo N° 4, Figura N° 73)

Procedimiento

Preparación de Reactivos

Solución estándar de As (Ver Anexo N° 5-I)

- A partir de la solución madre de Arsénico (1000 ppb as), preparar 250.0 mL de una solución stock de 100 ppb.
- A partir de la solución stock preparada anteriormente, hacer las diluciones 0.5, 1.0, 2.0, y 5.0 ppb.

Solución de Tetrahidrobórato de Sodio (0.5% p/v)

- Disolver 2.5 g de tetrahidrobórato en 500.0 mL de hidróxido de sodio (0.1 mol/L)

Solución de Yoduro de Potasio (200g / L)

- Pesar 200.0 g de KI, disolver en agua bidestilada, Luego transferir la solución a un balón de 1000.0 mL, llevar a volumen con agua bidestilada, homogenizar.

Ácido Clorhídrico (1:1)

- Mezclar ácido clorhídrico en igual cantidad de agua bidestilada y homogenizar.

Muestra

- Tomar con una pipeta 10.0 mL de la muestra tratada y transferirla a un frasco volumétrico de 50.0 mL.
- Agregar 1.0 mL de ácido clorhídrico (1:1) y 2.0 mL de solución de Yoduro de Potasio (200 g/L).
- Calentar sin llegar a ebullición durante 30 minutos.

- Dejar enfriar la solución y llevar a volumen de 50.0 mL con agua bidestilada, homogenizar.
- Colocar la muestra en equipo de absorción atómica y leer.
- Llevar un blanco de reactivos.

Curva de calibración

- Tomar 0.25 mL, 0.50 mL, 1.0 mL y 2.5 mL de la solución estándar de 100 ppb correspondientemente a los estándares de arsénico y transferir a balones volumétricos de 50.0 mL.
- Adicionar 4.0 mL de ácido clorhídrico (1:1) y 2.0 mL de solución de yoduro de potasio (200 g/L).
- Calentar sin llegar a ebullición durante 30 minutos.
- Dejar enfriar la solución y llevar a volumen con agua bidestilada, homogenizar.
- Utilizar la solución para su medición.

Condiciones de medición

Longitud de onda: 193.7 nm

Rango de concentraciones de la curva de calibración: 0.5-2.0 µg/mL

Condiciones de medición: valor de la corriente de la lámpara: 14 mA

Ancho de la rendija: 0.5 nm modo de corrección: BGC-D2

Determinación de Cromo.⁽⁵⁾ (Ver Anexo N° 4, Figura N° 74)

Procedimiento

Preparación de estándar

Solución estándar de Cr (Ver Anexo N° 5-J)

- A partir de la solución madre de Cromo (1000 ppb Cr), preparar 250.0 mL de una solución stock de 40 ppb.
- A partir de la solución stock preparada anteriormente, hacer las diluciones 0.5, 1.0, 3.0, y 5.0 ppb.

Preparación del blanco

- Adicionar en un balón volumétrico de 100.0 mL, 5.0 mL de ácido clorhídrico, llevar a volumen con agua bidestilada y homogenizar.

Muestra

- La muestra tratada se utiliza directamente para las lecturas.

Nota: Realizar las diluciones según sea necesario utilizando una solución ácida de 0.1 a 1 mol/L.

Condiciones de medición

Longitud de onda para la medición: 357.9 nm

Rango de concentración de la curva de calibración: 1-5 ng/mL

Tubo: tubo de grafito pirolítico.

Volumen de inyección de la muestra: 10 µL

Determinación de Plomo.⁽⁵⁾ (Ver Anexo N° 4, Figura N° 75)

Procedimiento

Preparación de Reactivos

Solución Estándar de Pb (Ver Anexo N° 5-K)

- A partir de la solución madre de Plomo (1000 ppb pb), preparar 250.0 mL de una solución stock de 100 ppb.
- A partir de la solución stock preparada anteriormente, hacer las diluciones 2.0, 5.0, 10.0, 20.0 ppb.

Solución de Nitrato de Paladio (II) (10 μg Pd/ mL)

- Disolver 0.108 g de nitrato de paladio en 10.0 mL de ácido nítrico (1+1) y después llevar a 500.0 mL con agua, transferir 20.0 mL de esta solución a un frasco volumétrico de 200.0 mL y llevar a volumen con agua bidestilada, homogenizar.

Solución de Ácido Nítrico

- Colocar igual volumen de ácido nítrico y agua bidestilada, homogenizar.

Muestra

- Colocar 15.0 mL de cada muestra tratada en cinco frascos volumétricos de 25.0 mL.
- Agregar solución estándar (100 ppb de Pb) a cuatro de ellos adicionando 0.5 mL, 1.25 mL, 2.5 mL y 5.0 mL de manera que uno de los frascos no contenga solución estándar y los otros cuatro tengan la concentración creciente de estándar (2.0, 5.0, 10.0 y 20.0 ppb) adicionado a las muestras.
- Adicionar ácido nítrico (1:1) a cada una de las soluciones para que tengan la misma concentración de ácido.
- Adicionar solución de nitrato de paladio (II) (10 μg Pd/mL) a cada frasco. Llevar a volumen con agua bidestilada
- Mezclar bien para la medición.
- Colocar la muestra en equipo de Absorción Atómica y leer.

Nota: Si la muestra tratada se sale del rango de la curva de calibración, realizar las diluciones necesarias.

Condiciones de medición

Longitud de onda: 283.3 nm

Rango de concentración de la curva de calibración: 2-20 ng/mL

Tubo: Tubo de grafito de alta densidad.

Volumen de inyección de la muestra: 20 μ L

CAPÍTULO V
RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en esta investigación

5.1 Selección de los sitios de muestreo

Debido a la extensión territorial que posee la bahía de Jiquilisco fue necesario dividirla en dos sectores; oriente y occidente favoreciendo el desarrollo del estudio, de tal manera que la toma de muestra abarcara la mayor parte posible del lugar (Ver Figura N° 9).

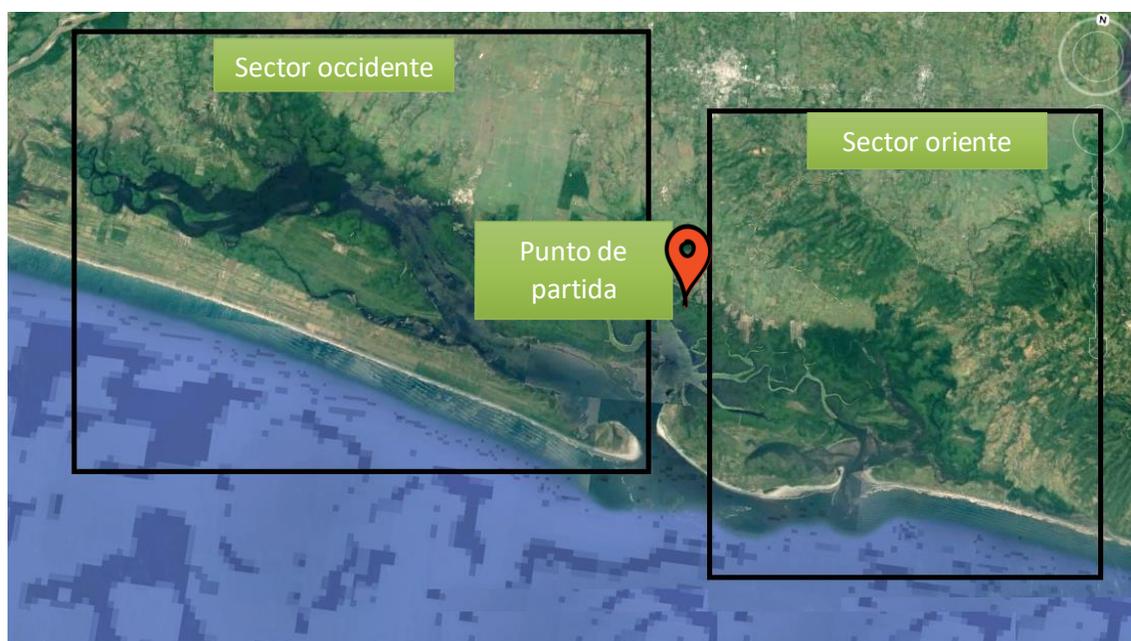


Figura N° 9. División de la bahía de Jiquilisco en dos sectores. (27)

Para establecer los seis sitios de muestreo se tomaron criterios con base en los objetivos perseguidos, como también el interés por parte del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), quienes colaboraron en identificar algunas zonas con afluentes a la bahía, la cual se encuentra influenciada por dos grandes cuencas hidrográficas: Rio Lempa y Rio Grande

de San Miguel, ya que sus desembocaduras son afluentes naturales a la bahía de Jiquilisco, situando así un área delimitada para los sitios de muestreo que fueron registrados por medio de GPS (Ver Figura N° 10).



Figura N° 10. Toma de Georeferencias con GPS

El lugar de abordaje Puerto Parada se fijó como punto medio entre los dos sectores, asignando tres sitios para el sector oriental y tres restantes para sector occidental, (Ver Figura N° 11).

Cabe recalcar que cada sitio de muestreo delimitado se seleccionó de forma que existieran ejemplares de *Anadara tuberculosa* y que el área de muestreo tuviera alguna influencia significativa, tomando en cuenta que las cuencas hidrográficas presentan contaminación desde sus lugares de origen.

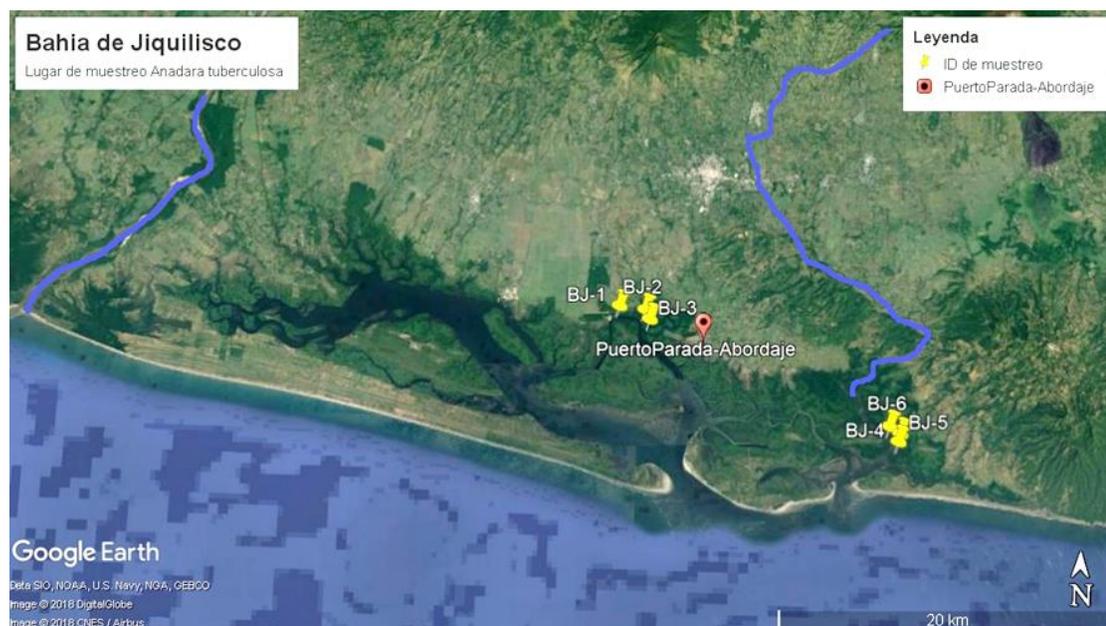


Figura N° 11. Localización de sitios de muestreo para extracción de *Anadara tuberculosa*. (27)

Las georeferencias obtenidas se presentan en el Cuadro N° 1.

Cuadro N° 1. Coordenadas geográficas de los sitios de extracción.

Sitio	Nombre de los sitios	Coordenadas	
		N	W
Punto de partida	Puerto Parada	N13°15'1.99"	W88°26'21.19"
BJ-1	Canal Puerto Barillas	N13°15'39,5"	W88°29'18,3"
BJ-2	Desembocadura de rio San Lucas	N13°15'39,5"	W88°28'26,5"
BJ-3	Estero puerto Ramírez	N13°15'21,0"	W88°28'16,8"
BJ-4	Bocana de la desembocadura de Rio grande de San Miguel	N13°11'38,1"	W88°19'57,4"
BJ-5	Lado Norte de canal de la desembocadura del Rio grande de San Miguel	N13°11'53,2"	W88°19'53,7"
BJ-6	Isla Samuria	N13°12'06,7"	W88°20'14,9"

La localización de los seis sitios de muestreo, se presentan detalladamente en los siguientes mapas: (Ver Figura N° 12)

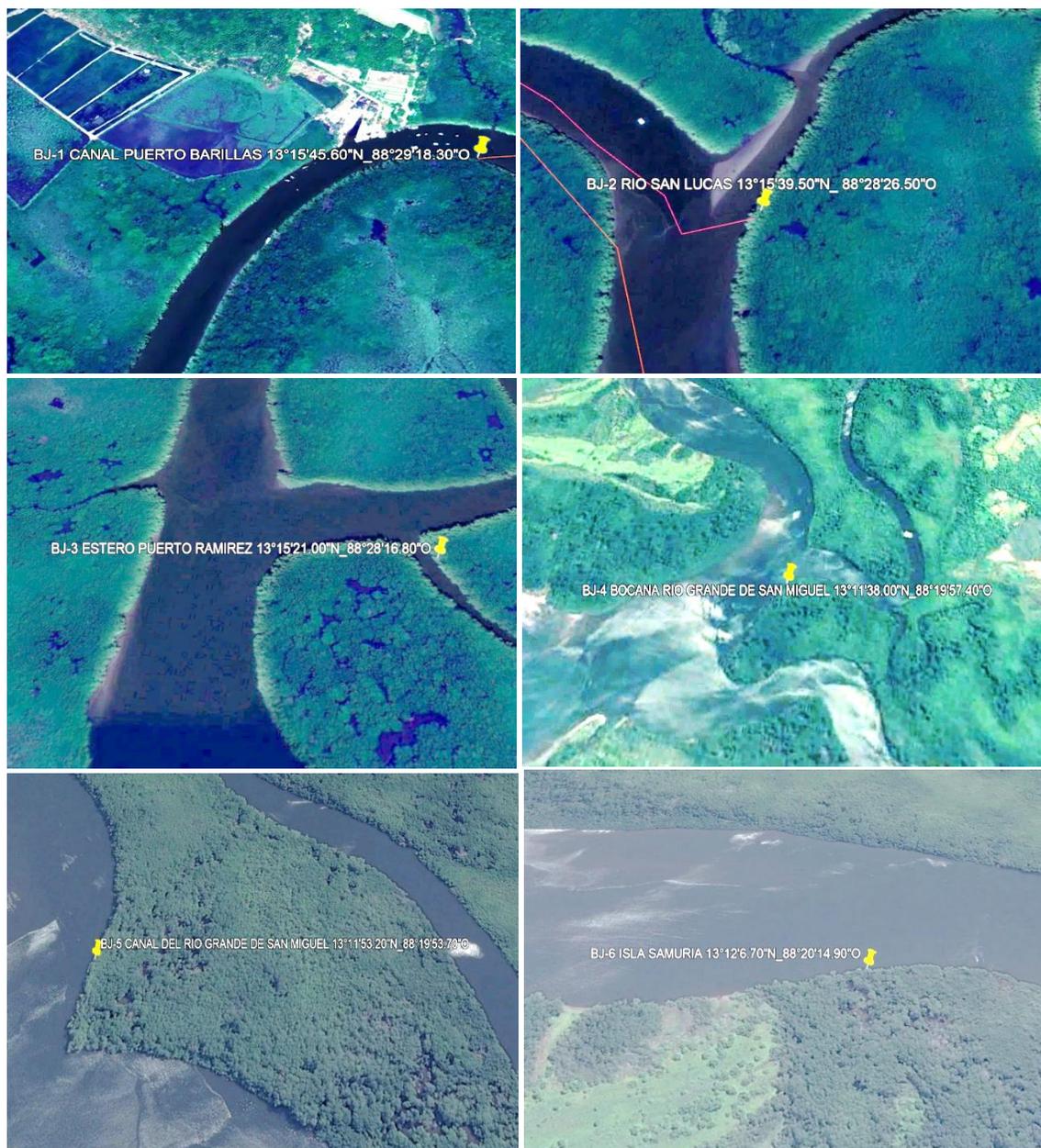


Figura N° 12. Mapas satelitales de los sitios de muestreo con sus respectivas coordenadas. (27)

A continuación, se describe brevemente las condiciones influyentes de los seis sitios de muestreo seleccionados en la bahía de Jiquilisco (Ver Cuadro N° 2).

Cuadro N° 2. Condiciones de los sitios de muestreo

Sitio	Descripción de las condiciones o afluentes del sitio	
BJ-1	<p>Alrededor del lugar se observó, alojamiento de embarcaciones pequeñas, botes de pesca deportiva y comercial, es zona de turistas, cuenta con un hotel de lujo y asentamiento de habitantes. Existe actividad de pastoreo de ganado vacuno, zona susceptible a actividades antropogénicas y naturales, como ríos y quebradas por carga orgánica, agroquímicos y sedimentos.</p>	 <p>Canal puerto Barillas</p>
BJ-2	<p>Lugar que desembocan ríos y quebradas provenientes del municipio San Dionisio, arrastrando aguas residuales domésticas, desechos sólidos, carga orgánica, agroquímicos y sedimentos entre otros.</p>	 <p>Desembocadura de río San Lucas</p>
BJ-3	<p>Estero en el que desemboca ríos y quebradas, con presencia de botes de pesca comercial, se observó acumulación de desechos sólidos alrededor, posible contaminación por carga orgánica, agroquímicos y sedimentos.</p>	 <p>Estero puerto Ramírez</p>

Continuación Cuadro N° 2.

Sitio	Descripción de las condiciones o afluentes del sitio	
BJ-4	<p>Sitio de desembocadura de la cuenca El Convento y río grande de San Miguel. En las cercanías se observó la práctica de pesca artesanal y con explosivos para fines comerciales, posee un asentamiento de personas provenientes de hacienda San José con la probabilidad de que generen desechos sólidos y de aguas residuales domésticas sin tratarse.</p>	 <p>Bocana de la desembocadura de Río Grande de San Miguel</p>
BJ-5	<p>Canal de la desembocadura del río grande de San Miguel, se observó la práctica de pesca artesanal y con explosivos para fines comerciales, posee un asentamiento de personas provenientes de hacienda San José con la probabilidad de que generen desechos sólidos y de aguas residuales domésticas sin tratamiento.</p>	 <p>Canal desembocadura del río Grande de San Miguel</p>
BJ-6	<p>Lado izquierdo del canal de la desembocadura del río grande de San Miguel, se observó transporte de personas en embarcaciones pequeñas como también de pesca comercial, alrededor se practica pesca con explosivos, no se observaron desechos sólidos.</p>	 <p>Isla Samuria</p>

5.2 Cuantificación de contenido de minerales por método de espectrofotometría de absorción atómica de llama.

A partir de la solución de cenizas se realizaron las siguientes determinaciones: Calcio, Zinc, Cobre, Hierro, Magnesio, Potasio y Sodio.

5.2.1 Determinación de Calcio y comparación con la tabla de composición de Alimentos de Centroamérica INCAP.

Las concentraciones de Calcio de cada sitio de muestreo se presentan detalladamente en la siguiente Tabla N° 6, donde se reflejan las concentraciones individuales de cada punto de muestreo, como la concentración promedio por sitio, expresados en mg por 100 g de muestra en base húmeda.

Tabla N° 6. Concentraciones de Calcio de seis sitios de muestreo.

Calcio			
Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Concentración base húmeda mg/100g	Concentración promedio por sitio mg/100g
BJ-1	A	112.34	199.88
	B	241.27	
	C	246.03	
BJ-2	A	97.43	150.29
	B	147.68	
	C	205.75	
BJ-3	A	168.96	171.74
	B	156.26	
	C	189.98	
BJ-4	A	79.42	155.3
	B	164.73	
	C	221.74	

Continuación Tabla N° 6

Calcio			
Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Concentración base húmeda mg/100g	Concentración promedio por sitio mg/100g
BJ-5	A	1185.75	1176
	B	1104.44	
	C	1237.81	
BJ-6	A	597.85	625.49
	B	597.05	
	C	681.58	

Los resultados obtenidos para determinación de Calcio en las muestras se aprecian en el gráfico siguiente:

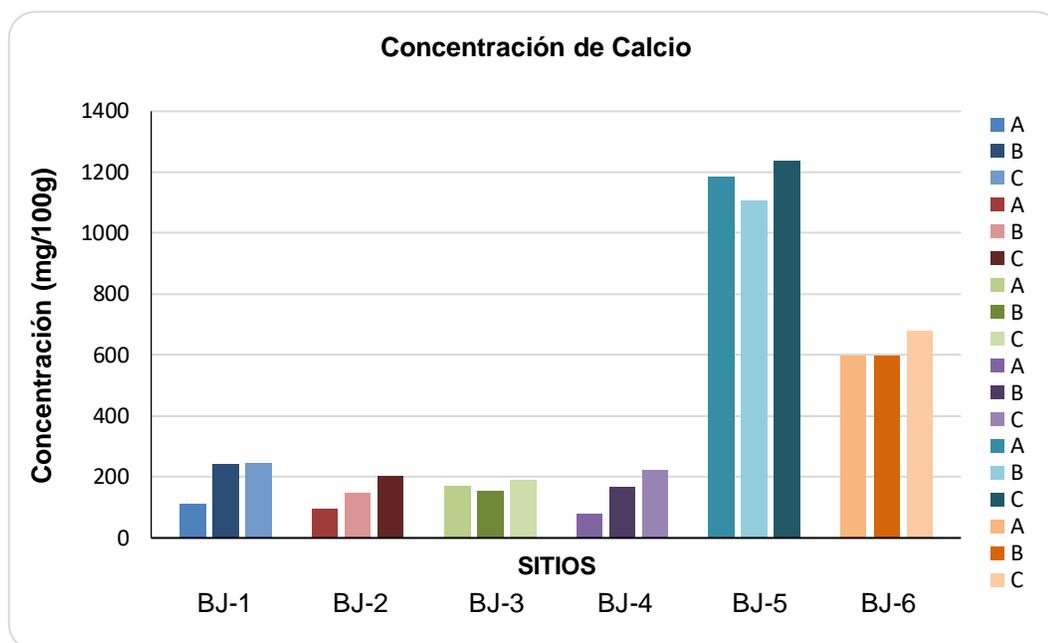


Figura N° 13. Gráfico de concentración de Calcio por sitio.

En la Figura N° 13 se observan las concentraciones de Calcio presentes en las muestras de *Anadara tuberculosa* extraídas de los seis sitios de muestreo, teniendo una marcada diferencia en los resultados individuales por punto y sitio de muestreo, donde el sitio 5 es el valor más alto individualmente con 1237.81 mg/100g de Calcio en muestra BJ-5C (Ver tabla N° 6), mientras que el sitio 4 presenta la menor concentración de Calcio con 79.42 mg/100g en muestra BJ-4A (Ver tabla N° 6). La mayor concentración la poseen dos sitios de la zona oriental BJ-5 y BJ-6, puede ser debida a la ubicación del muestreo ya que está más expuesta a corrientes de agua provenientes de la desembocadura del río Grande de San Miguel.⁽¹¹⁾

La comparación de las concentraciones de Calcio con la tabla de INCAP, se presentan en la Tabla N° 7, los valores promedio obtenidos se expresan en mg por 100g de muestra en base húmeda.

Tabla N° 7. Tabla comparativa de concentraciones promedio de Calcio en seis sitios de muestreo contra el valor de INCAP.

Sitio de muestreo	Concentración promedio (sitio) mg/100g	Valor de Calcio (mg/ 100g) INCAP
BJ-1	199.89	24.00
BJ-2	150.29	24.00
BJ-3	171.74	24.00
BJ-4	155.30	24.00
BJ-5	1176.01	24.00
BJ-6	625.50	24.00

La comparación de los resultados para la concentración de Calcio con la tabla de composición de Alimentos de Centroamérica INCAP se presenta en el gráfico siguiente:

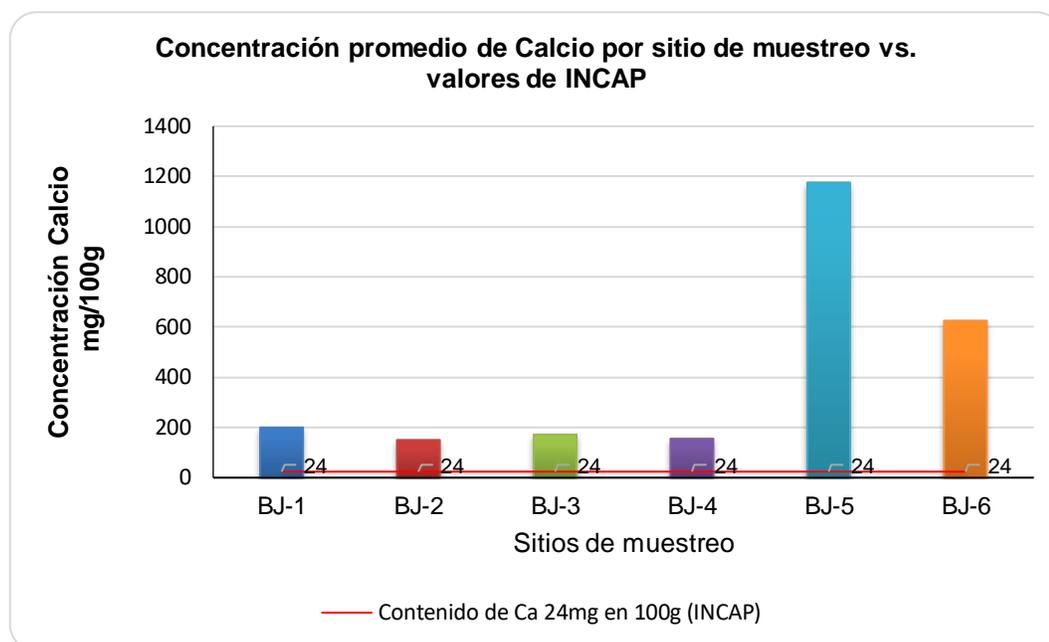


Figura N° 14. Gráfico concentración promedio de Calcio por sitio de muestreo vs. valores de INCAP.

En la Figura N° 14 se representan los resultados de las concentraciones promedio de calcio por cada sitio de muestreo vs. el valor de Calcio reflejado en la tabla de INCAP de 24.0 mg/100g por porción. Sin embargo, todos los sitios de muestreo se encuentran por encima de la cantidad expresada en INCAP, donde el valor máximo de Calcio lo presenta sitio BJ-5 con 1176.01 mg/100g por porción (Ver Tabla N° 7), mientras que el valor más bajo lo presenta BJ-2 con 150.29 mg/100g por porción (Ver Tabla N° 7).

Los valores presentados en las tablas INCAP únicamente consideran la parte blanda (cuerpo) de *Anadara tuberculosa*, mientras que en las muestras de esta

investigación se incluyó el líquido (sangre) contenido en ellas, debido a que así son consumidas en el país.

El promedio del contenido de Calcio fue 413.12 mg/100g en base húmeda cubriendo un 31.77% de 1300 mg de la ingesta diaria recomendada para personas entre 14-70 años (Ver Anexo N° 8).⁽²¹⁾⁽³⁴⁾ lo que indica que las muestras de *Anadara tuberculosa* no son una fuente potencial de Calcio sin embargo el requerimiento debe de ser complementado con otros alimentos, debido a que no se consume este alimento con frecuencia.

5.2.2 Determinación de Zinc y comparación con la tabla de composición de Alimentos de Centroamérica INCAP.

Las concentraciones de Zinc de cada sitio de muestreo se presentan detalladamente en la siguiente Tabla N° 8, donde se reflejan las concentraciones individuales de cada punto de muestreo, como la concentración promedio por sitio, expresados en mg por 100 g de muestra en base húmeda.

Tabla N° 8. Concentraciones de Zinc de seis sitios de muestreo

Zinc			
Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Concentración base húmeda mg/100 g	Concentración promedio por sitio mg/100 g
BJ-1	A	0.8	0.95
	B	1.1	
	C	0.94	
BJ-2	A	1.04	1.08
	B	1.19	
	C	1.02	
BJ-3	A	1.02	1.09
	B	1.11	
	C	1.14	

Continuación Tabla N° 8

Zinc			
Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Concentración base húmeda mg/100 g	Concentración promedio por sitio mg/100 g
BJ-4	A	0.88	0.93
	B	1.07	
	C	0.82	
BJ-5	A	0.96	0.95
	B	0.85	
	C	1.05	
BJ-6	A	0.93	0.97
	B	0.93	
	C	1.06	

Los resultados obtenidos para determinación de Zinc en las muestras se aprecian en el gráfico siguiente:

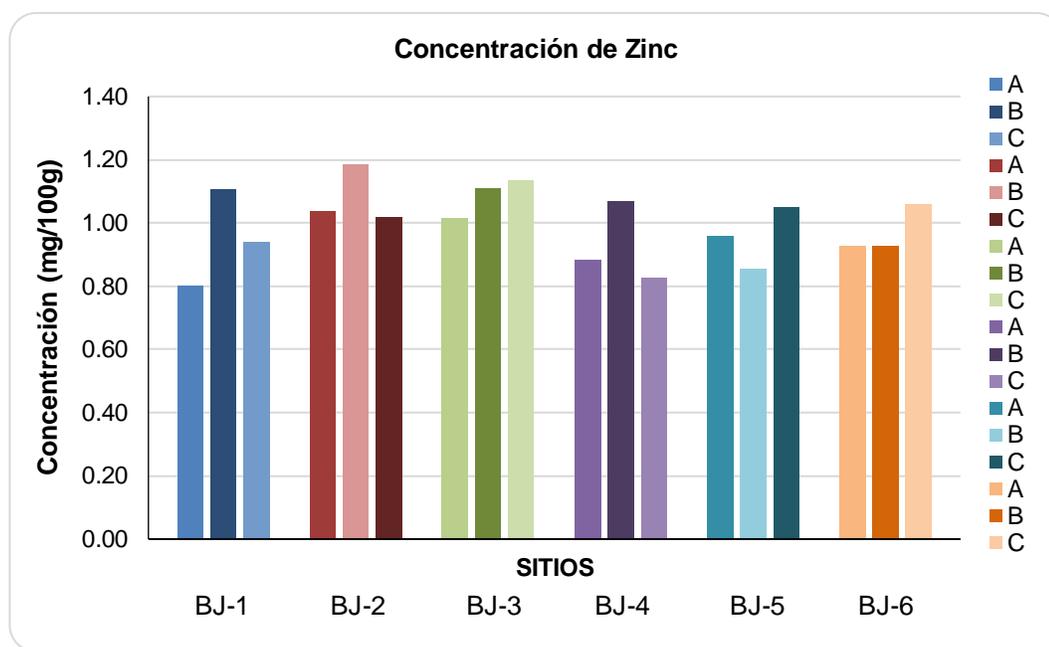


Figura N° 15. Gráfico de concentración de Zinc por sitio.

En la Figura N° 15 se observan las concentraciones de Zinc presentes en las muestras de *Anadara tuberculosa* extraídas de los seis sitios de muestreo, presentando valores uniformes entre cada sitio; donde el sitio 2 es el valor más alto individualmente con 1.19 mg/100g de Zinc en muestra BJ-2B (Ver Tabla N° 8), mientras que el sitio 1 presenta la menor concentración de Zinc con 0.80 mg/100g en muestra BJ-1A (Ver Tabla N° 8). El contenido de Zinc en las muestras de *Anadara tuberculosa* puede ser debido a que este mineral se encuentra mayormente en ríos y lagos, depositándose en el fondo o disuelto en agua siendo este capturado por los moluscos filtradores en estudio.⁽¹⁾

La comparación de las concentraciones de Zinc con la tabla de INCAP, se presentan en la tabla N° 9, los valores promedio obtenidos se expresan en mg por 100g de muestra en base húmeda.

Tabla N° 9. Tabla comparativa de concentraciones promedio de Zinc en seis sitios de muestreo contra el valor de INCAP.

Sitio de muestreo	Concentración promedio (sitio) mg/ 100g	Valor de Zinc (mg/ 100g) INCAP
BJ-1	0.95	0.95
BJ-2	1.08	0.95
BJ-3	1.09	0.95
BJ-4	0.93	0.95
BJ-5	0.95	0.95
BJ-6	0.97	0.95

La comparación de los resultados para la concentración de Zinc con la tabla de composición de Alimentos de Centroamérica INCAP se presenta en el grafico siguiente:

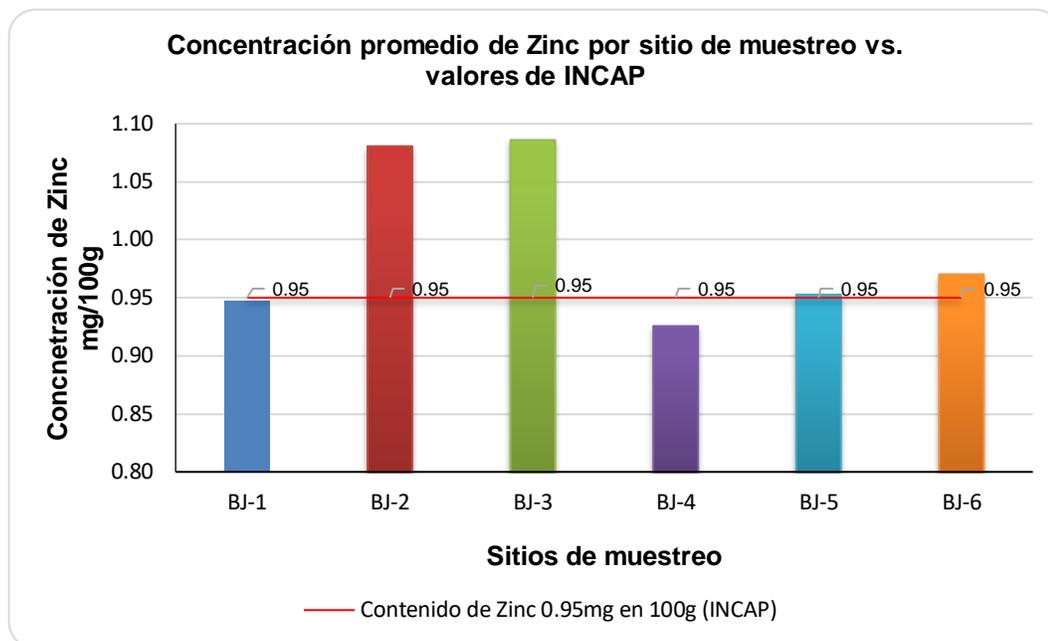


Figura N° 16. Gráfico concentración promedio de Zinc por sitio de muestreo vs. valores de INCAP.

En la Figura N° 16 se representan los resultados de las concentraciones promedio de Zinc por cada sitio de muestreo vs. el valor de Zinc reflejado en la tabla de INCAP de 0.95 mg/100g por porción. Sin embargo no todos los sitios de muestreo se encuentran por encima de la cantidad expresada en INCAP, los valores máximo de Zinc lo presentan BJ-3 con 1.09 mg/100g por porción y BJ-2 con 1.08 mg/100g por porción (Ver Tabla N° 9), mientras BJ-4 con 0.93 mg/100g por porción (Ver Tabla N° 9) presenta valores por debajo de la contenido establecida en INCAP.

Los valores presentados en las tablas INCAP únicamente consideran la parte blanda (cuerpo) de *Anadara tuberculosa*, mientras que en las muestras de esta investigación se incluyó el líquido (sangre) contenido en ellas, debido a que así son consumidas en el país.

El promedio del contenido de Zinc en las muestras de *Anadara tuberculosa* fue 0.99 mg/100g en base húmeda, cubriendo únicamente un 9.03% de 11.00 mg de la ingesta diaria recomendada para personas entre 14-70 años (Ver Anexo N° 7).⁽²¹⁾⁽³⁶⁾ lo que indica que no son una fuente mayoritaria de Zinc y debe de ser complementado con otros alimentos dentro de la dieta.

5.2.3 Determinación de Cobre y comparación con la tabla de composición de Alimentos de Centroamérica INCAP.

Las concentraciones de cobre de cada sitio de muestreo se presentan detalladamente en la siguiente Tabla N° 10, donde se reflejan las concentraciones individuales de cada punto de muestreo, como la concentración promedio por sitio, expresados en mg por 100 g de muestra en base húmeda.

Tabla N° 10. Concentraciones de Cobre de seis sitios de muestreo.

Cobre			
Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Concentración base húmeda mg/100g	Concentración promedio por sitio mg/100g
BJ-1	A	0.09	0.1
	B	0.12	
	C	0.08	
BJ-2	A	0.09	0.1
	B	0.09	
	C	0.1	
BJ-3	A	0.12	0.11
	B	0.11	
	C	0.11	
BJ-4	A	0.13	0.14
	B	0.13	
	C	0.14	

Continuación Tabla N° 10.

Cobre			
Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Concentración base húmeda mg/100g	Concentración promedio por sitio mg/100g
BJ-5	A	0.16	0.16
	B	0.15	
	C	0.17	
BJ-6	A	0.13	0.13
	B	0.12	
	C	0.13	

Los resultados obtenidos para determinación de Cobre en las muestras se aprecian en el gráfico siguiente:

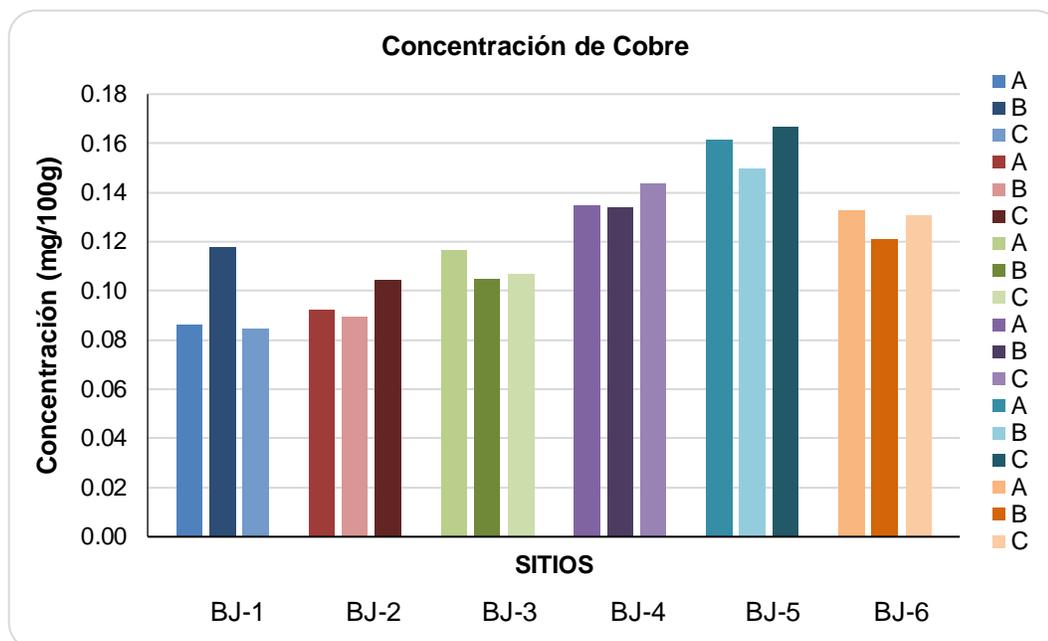


Figura N° 17. Gráfico de concentración de Cobre por sitio.

En la Figura N° 17 se observan las concentraciones de Cobre presentes en las muestras de *Anadara tuberculosa* extraídas de los seis sitios de muestreo, presentando valores variantes entre cada uno, donde el sitio 5 es el valor más

alto individualmente con 0.17 mg/100g en muestra BJ-5C (Ver Tabla N° 10), mientras que el sitio 1 presenta la menor concentración de Cobre con 0.08 mg/100g en muestra BJ-1C (Ver Tabla N° 10). El contenido de Cobre en las muestras de *Anadara tuberculosa* puede deberse a que este mineral se encuentra distribuido en el medio ambiente adhiriéndose a la materia orgánica, como a diferentes tipos de suelo, si este es liberado en el agua se disuelve fácilmente y puede ser transportado en ella, depositándose fácilmente en los sedimentos de ríos y estuarios como manglares, lugar de habita de esta especie de bivalvos, exponiendo de forma constante, bioacumulando cobre en la parte blanda de la concha.⁽¹⁾ Cabe mencionar que los tres sitios de la zona oriental tiene la mayor concentración de Cobre (BJ-4, BJ-5 y BJ-6) (Ver Tabla N° 10).

Las concentraciones de Cobre se presentan detalladamente en la siguiente Tabla N° 11, que contiene las concentraciones promedio encontrados en casa sitio de muestreo, los cuales están expresados en mg por 100g de muestra en base humeda.

Tabla N° 11. Tabla de concentraciones promedio de Cobre en seis sitios de muestreo.

Sitio de muestreo	Concentración promedio por sitio (mg por 100g)
BJ-1	0.10
BJ-2	0.10
BJ-3	0.11
BJ-4	0.14
BJ-5	0.16
BJ-6	0.13

Los resultados para la concentración de Cobre se presentan en el gráfico siguiente:

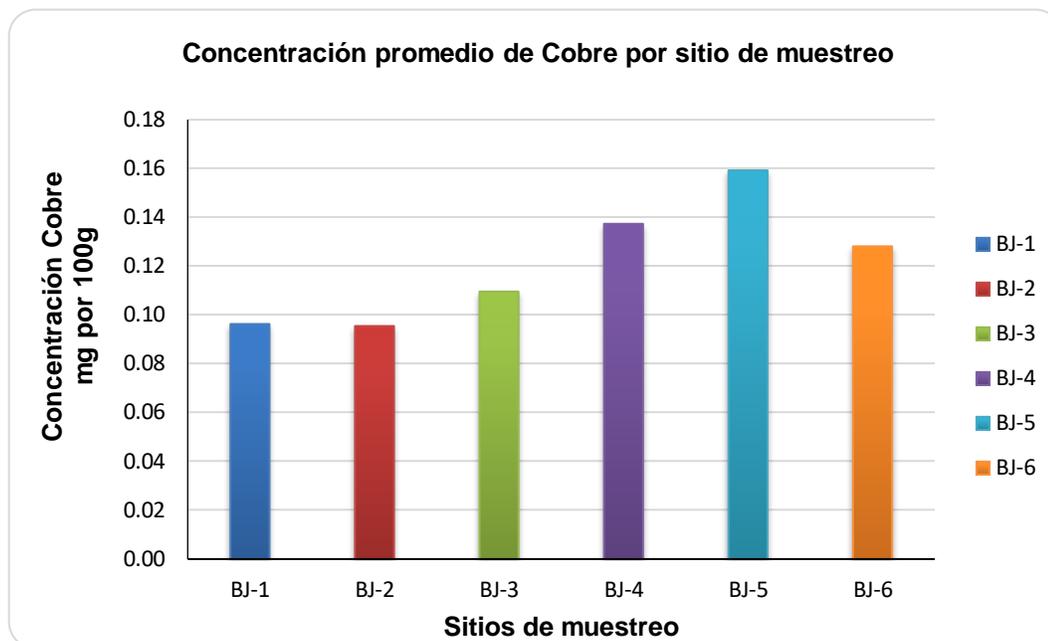


Figura N° 18. Gráfico concentración promedio de Cobre.

En la Figura N° 18 se representan los resultados de las concentraciones promedio de Cobre por cada sitio de muestreo, donde el valor máximo de Cobre lo presenta sitio BJ-5 con 0.16 mg por 100 g por porción (Ver Tabla N° 11), mientras que el valor más bajo lo posee BJ-2 con 0.10 mg por 100 g por porción (Ver Tabla N° 11). Cabe mencionar que los valores más altos de Cobre lo presentan la zona oriental de la bahía BJ-4, BJ-5 y BJ-6 (Ver Tabla N° 11). Sin embargo, no hay cantidad de contenido, ni límites establecidos para Cobre presente en moluscos bivalvos en las tablas de INCAP.

Los valores encontrados en las muestras de *Anadara tuberculosa*, se trataron incluyendo el líquido (sangre) contenido en ellas, debido a que así son consumidas en el país.

5.2.4 Determinación de Hierro y comparación con la tabla de composición de Alimentos de Centroamérica INCAP.

Las concentraciones de Hierro de cada sitio de muestreo se presentan detalladamente en la siguiente Tabla N° 12, donde se reflejan las concentraciones individuales de cada punto de muestreo, como la concentración promedio por sitio, expresados en mg por 100 g de muestra en base húmeda.

Tabla N° 12. Concentraciones de Hierro de seis sitios de muestreo.

Hierro			
Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Concentración base húmeda mg/100g	Concentración promedio por sitio mg/100g
BJ-1	A	34.19	40.62
	B	48.14	
	C	39.52	
BJ-2	A	31.63	35.01
	B	39.74	
	C	33.66	
BJ-3	A	30.72	34.9
	B	39.13	
	C	34.86	
BJ-4	A	36.96	38.69
	B	41.64	
	C	37.48	
BJ-5	A	34.77	32.96
	B	31.31	
	C	32.81	
BJ-6	A	35.67	35.04
	B	38.19	
	C	31.25	

Los resultados obtenidos para determinación de Hierro en las muestras se aprecian en el gráfico siguiente:

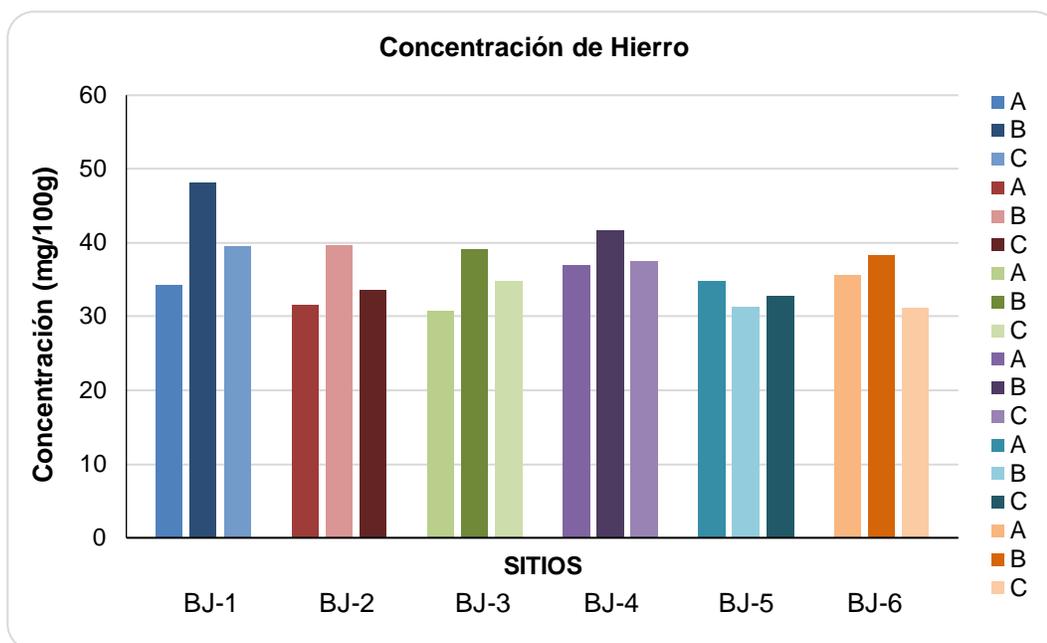


Figura N° 19. Gráfico de concentración de Hierro por sitio.

En la Figura N° 19 se observan las concentraciones de Hierro presentes en las muestras de *Anadara tuberculosa* extraídas de los seis sitios de muestreo, presentando valores uniformes entre cada sitio, donde el sitio 1 es el valor más alto individualmente con 48.13 mg/100g en muestra BJ-1B (Ver Tabla N° 12), mientras que el sitio 3 presenta la menor concentración de Hierro con 30.72 mg/100g en muestra BJ-3A (Ver Tabla N° 12). El contenido de Hierro en las muestras de *Anadara tuberculosa* puede ser debido a que este mineral es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre, el cual está disuelto en el agua siendo esta una fuente de contacto, para ser capturado por los moluscos filtradores en estudio.⁽²³⁾⁽⁴²⁾ Particularmente, el sitio 1 con más alto contenido, en el que fue encontrado navegaciones grandes y pequeñas, las cuales se asumen son las fuentes de este mineral ya que están hechas de material compuesto por Hierro.

La comparación de las concentraciones de Hierro con la tabla de INCAP, se presentan en la Tabla N° 13, los valores obtenidos se expresan en mg por 100g de muestra en base húmeda.

Tabla N° 13. Tabla comparativa de concentraciones promedio de Hierro en seis sitios de muestreo contra el valor de INCAP.

Sitio de muestreo	Concentración promedio (sitio) mg en 100g	Valor de Hierro (mg en 100g) INCAP
BJ-1	40.62	0.29
BJ-2	35.01	0.29
BJ-3	34.90	0.29
BJ-4	38.69	0.29
BJ-5	32.96	0.29
BJ-6	35.04	0.29

La comparación de los resultados para la concentración de Hierro con la tabla de composición de Alimentos de Centroamérica INCAP se presenta en el gráfico siguiente:

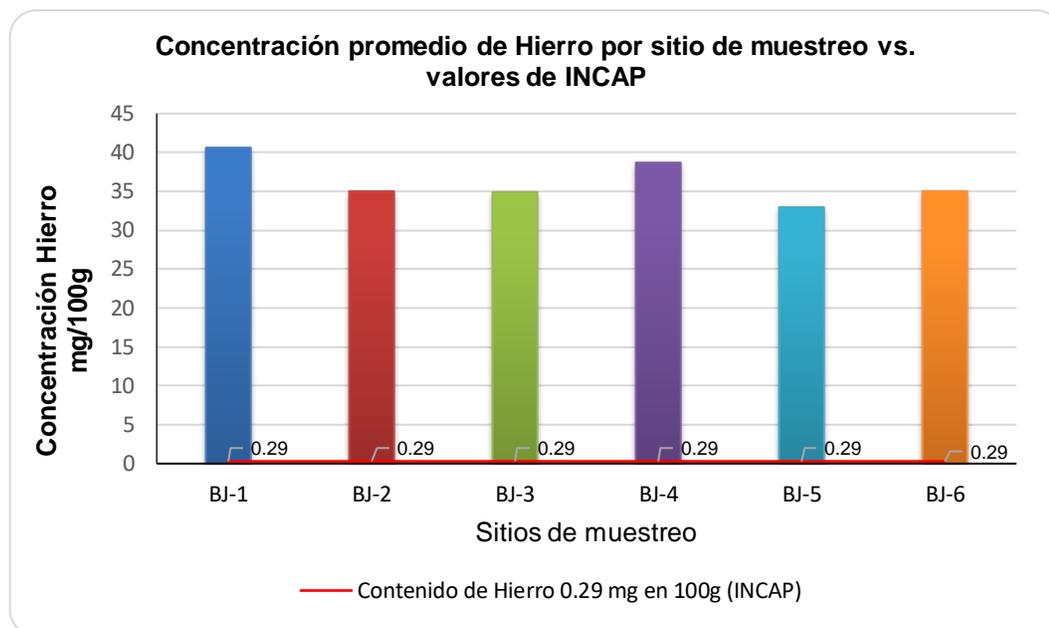


Figura N° 20. Gráfico concentración promedio de Hierro por sitio de muestreo vs. valores de INCAP.

En la Figura N° 20 se representan los resultados de las concentraciones promedio de Hierro por cada sitio de muestreo vs. el valor de Hierro, reflejado en la tabla de INCAP de 0.29 mg/100g por porción. Sin embargo, los sitios de muestreo se encuentran por encima de la cantidad expresada en INCAP, donde el valor máximo de Hierro lo tiene sitio BJ-1 con 40.62 mg/100g por porción (Ver Tabla N° 13), mientras que el valor más bajo lo presenta BJ-5 con 32.96 mg/100g por porción (Ver Tabla N° 13).

Los valores presentados en la tabla INCAP únicamente consideran la parte blanda (cuerpo) de *Anadara tuberculosa*, mientras que en las muestras de esta investigación se incluyó el líquido (sangre) contenido en ellas, debido a que así son consumidas en el país.

El contenido promedio de Hierro encontrado en *Anadara tuberculosa* fue 36.21 mg/100g calculado en base húmeda, excediendo más del 100% de 27.0 mg de la ingesta diaria recomendada para personas entre 14-70 años (Ver Anexo N° 7)⁽⁶⁾⁽¹¹⁾ lo que podría indicar que consumir frecuentemente este alimento puede tener consecuencias en la salud ya que un exceso de los valores normales de Hierro es tóxico para el cuerpo.⁽²³⁾⁽⁴²⁾

5.2.5 Determinación de Magnesio y comparación con la tabla de composición de Alimentos de Centroamérica INCAP.

Las concentraciones de Magnesio de cada sitio de muestreo se presentan detalladamente en la siguiente Tabla N° 14, donde se reflejan las concentraciones individuales de cada punto de muestreo, como la concentración promedio por sitio, expresados en mg por 100 g de muestra en base húmeda.

Tabla N° 14. Concentraciones de Magnesio de seis sitios de muestreo.

Magnesio			
Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Concentración base húmeda mg/100 g	Concentración promedio (sitio) mg/100 g
BJ-1	A	55.46	65.33
	B	71.04	
	C	69.49	
BJ-2	A	68.36	72.13
	B	79.08	
	C	68.95	
BJ-3	A	60.1	55.46
	B	53.88	
	C	52.41	
BJ-4	A	66.7	65.19
	B	65.64	
	C	63.24	
BJ-5	A	48.2	48.63
	B	41.56	
	C	56.13	
BJ-6	A	47.24	47.53
	B	44.72	
	C	50.63	

Los resultados obtenidos para determinación de Magnesio en las muestras se aprecian en el gráfico siguiente:

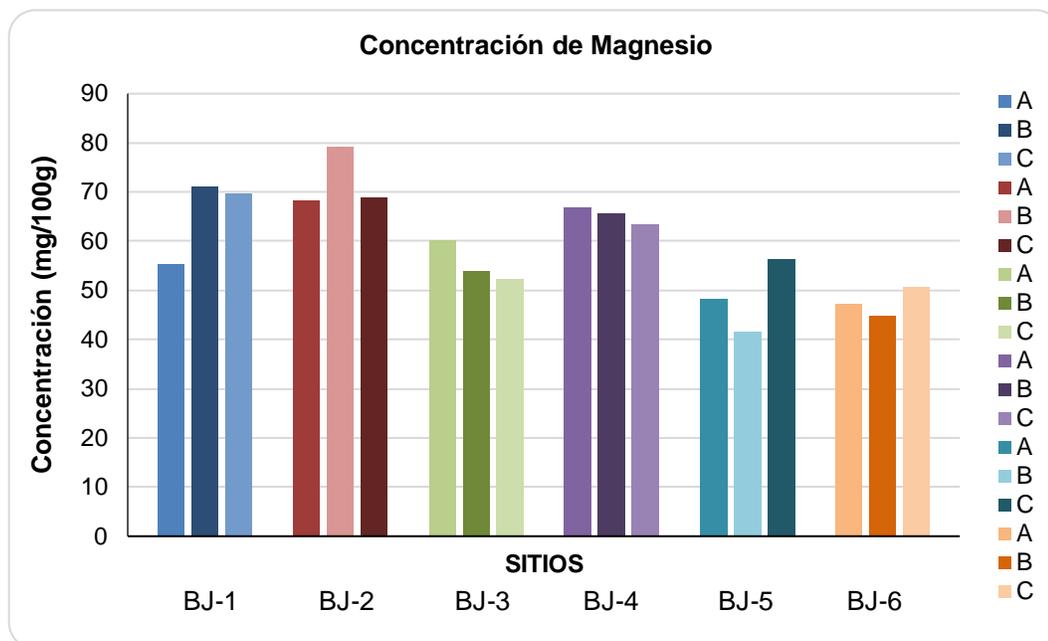


Figura N° 21. Gráfico de Concentración de Magnesio por sitio.

En la Figura N° 21 se observa las concentraciones de Magnesio presentes en las muestras de *Anadara tuberculosa* extraídas de los seis sitios de muestreo, teniendo una diferencia en los resultados individuales por punto, como por sitio de muestreo, donde el sitio 2 es el valor más alto individualmente con 79.08 mg/100g en muestra BJ-2B (Ver Tabla N° 14), mientras que el sitio 5 presenta la menor concentración de Magnesio con 41.56 mg/100g en muestra BJ-5B (Ver Tabla N° 14). El contenido de Magnesio en las muestras de *Anadara tuberculosa* puede ser debido a que este mineral es el tercer elemento más abundante en la corteza terrestre, el cual se encuentra en el agua de mar, salmueras subterráneas y lechos salinos. En resumen, es un catión que está en mayores proporciones en el océano; este junto a otros metales, como el Calcio, son responsables de la dureza de las aguas, siendo esta una fuente de contacto, para ser capturado por los moluscos filtradores en estudio.⁽²³⁾

La comparación de las concentraciones de Magnesio con la tabla de INCAP, los valores se presentan en la Tabla N° 15, los valores promedio obtenidos se expresan en mg por 100g de muestra en base húmeda.

Tabla N° 15. Tabla comparativa de concentraciones promedio de Magnesio en seis sitios de muestreo contra el valor de INCAP.

Sitio de muestreo	Concentración promedio (sitio) (mg en 100g)	Valor de magnesio (mg en 100g) INCAP
BJ-1	58.28	56.00
BJ-2	72.13	56.00
BJ-3	55.46	56.00
BJ-4	65.19	56.00
BJ-5	48.63	56.00
BJ-6	47.53	56.00

La comparación de los resultados para la concentración de Magnesio con la tabla de composición de Alimentos de Centroamérica INCAP se presenta en el gráfico siguiente:

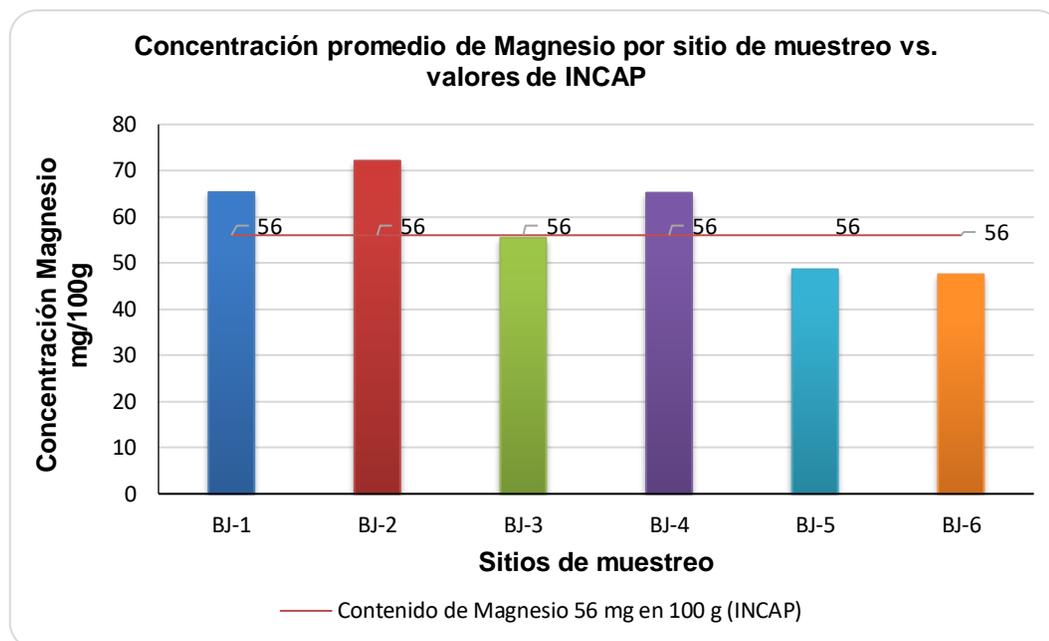


Figura N° 22. Gráfico concentración promedio de Magnesio por sitio de muestreo vs. valores en INCAP.

En la Figura N° 22. Se representan los resultados de las concentraciones promedio de magnesio por cada sitio de muestreo vs. el valor de Magnesio reflejado en la tabla de INCAP es de 56.00 mg/100g por porción. Sin embargo no todos los sitios de muestreo se encuentran por encima de la cantidad expresada en INCAP, donde el valor máximo de Magnesio lo tiene sitio BJ-2 con 72.13 mg/100g por porción (Ver Tabla N° 15), mientras que el valor más bajo lo presenta BJ-5 con 47.53 mg/100g por porción (Ver Tabla N° 15).

Los valores presentados en la tabla INCAP únicamente consideran la parte blanda (cuerpo) de *Anadara tuberculosa*, mientras que en las muestras tratadas se incluyó el líquido (sangre) contenido en ellas, debido a que así son consumidas en el país.

El contenido promedio de Magnesio encontrado en *Anadara tuberculosa* fue 59.04 mg/100g calculado en base húmeda, cubriendo un 14.76% de 400 mg de la ingesta diaria recomendada para personas entre 14-70 años (Ver Anexo N° 7)⁽²¹⁾⁽³⁶⁾ aunque las personas sanas no ingieren suficiente Magnesio, los riñones ayudan a retener magnesio limitando la cantidad que se elimina en la orina, cabe decir que este mineral no produce ningún efecto dañino en la salud si se presenta un exceso, ya que el cuerpo regula la ingestión y excreción de este.⁽³⁴⁾

5.2.6 Determinación de Potasio y comparación con la tabla de composición de Alimentos de Centroamérica INCAP.

Una vez tratadas las dieciocho muestras de los sitios representativos de la bahía, se realizaron las lecturas en el espectrofotómetro de absorción atómica de llama.

Las concentraciones de Potasio de cada sitio de muestreo se presentan detalladamente en la siguiente Tabla N° 16, donde se reflejan las concentraciones individuales de cada punto de muestreo, como la concentración promedio por sitio, expresados en mg por 100 g de muestra en base húmeda.

Tabla N° 16. Concentraciones de Potasio de seis sitios de muestreo.

Potasio			
Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Concentración base húmeda mg/100 g	Concentración promedio (sitio) mg/100 g
BJ-1	A	168.68	188.84
	B	219.97	
	C	177.88	
BJ-2	A	196.95	213.39
	B	234.85	
	C	208.39	
BJ-3	A	201.29	203.54
	B	209.81	
	C	199.51	
BJ-4	A	185.15	192.86
	B	207.23	
	C	186.18	
BJ-5	A	208.82	210.59
	B	197.08	
	C	225.87	
BJ-6	A	219.26	200.57
	B	192.45	
	C	189.99	

Los resultados obtenidos para determinación de Potasio en las muestras se aprecian en el gráfico siguiente:

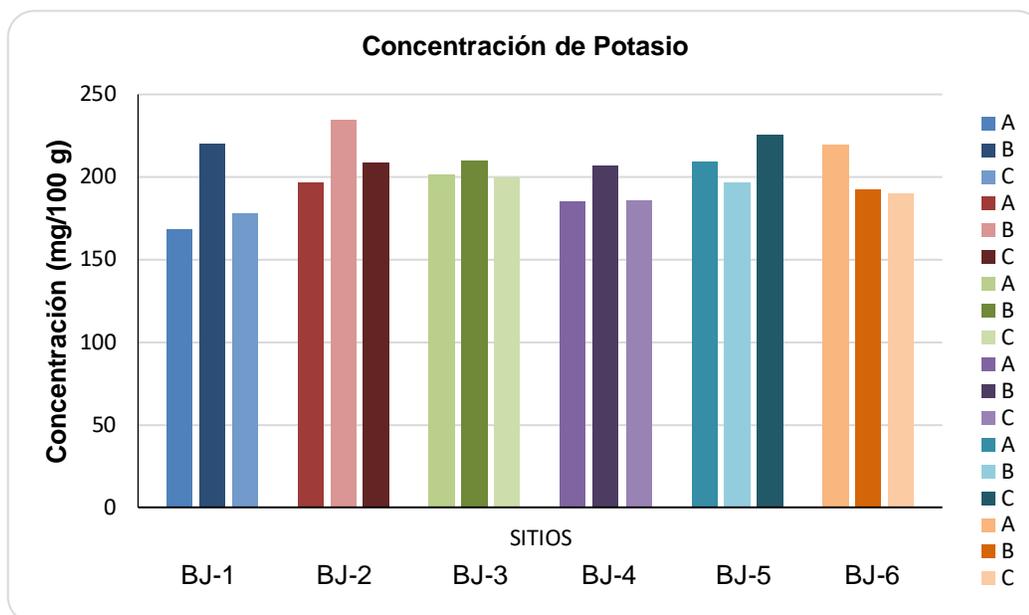


Figura N° 23. Gráfico de concentración de Potasio por sitio.

En la Figura N° 23 se observa las concentraciones de Potasio presentes en las muestras de *Anadara tuberculosa* extraídas de los seis sitios de muestreo, teniendo una uniformidad en los resultados individuales por punto, como por sitio de muestreo, donde el sitio 2 es el valor más alto individualmente con 234.85 mg/100g en muestra BJ-5B (Ver Tabla N° 16), mientras que el sitio 1 presenta la menor concentración de potasio con 168.68 mg/100g en muestra BJ-1A (Ver Tabla N° 16).

El contenido de Potasio en las muestras de *Anadara tuberculosa* puede ser debido a que este mineral es el sexto elemento abundante en solución, encontrado en el agua de mar ⁽²³⁾ siendo esta una fuente principal de contacto, para los moluscos bivalvos ya que puede ser capturado y filtrado por esta especie.

La comparación de las concentraciones de Potasio con la tabla de INCAP, los valores se presentan en la Tabla N° 17, los valores promedio obtenidos se expresan en mg por 100g de muestra en base húmeda.

Tabla N° 17. Tabla comparativa de concentraciones promedio de Potasio en seis sitios de muestreo contra el valor de Potasio de INCAP.

Sitio de muestreo	Concentración promedio (sitio) mg en 100g	Valor de Potasio (mg en 100g) INCAP
BJ-1	188.84	322.00
BJ-2	213.39	322.00
BJ-3	203.54	322.00
BJ-4	192.86	322.00
BJ-5	210.59	322.00
BJ-6	200.57	322.00

La comparación de los resultados para la concentración de Potasio con la tabla de composición de Alimentos de Centroamérica INCAP se presenta en el grafico siguiente:

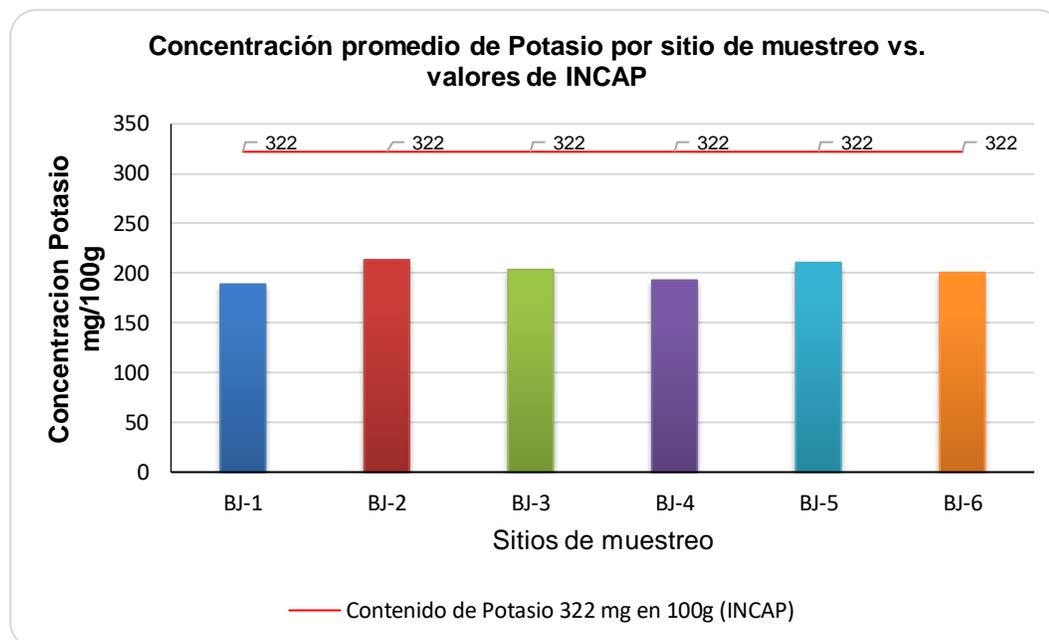


Figura N° 24. Gráfico concentración promedio de Potasio por sitio de muestreo vs. valores de INCAP.

En la Figura N° 24 se representan los resultados de las concentraciones promedio de potasio por cada sitio de muestreo vs. el valor de Potasio reflejado en la tabla de INCAP es de 322.00 mg/100g por porción. Sin embargo todos los sitios de muestreo se encuentran por debajo de la cantidad expresada en INCAP, donde el valor máximo de potasio lo contiene sitio BJ-2 con 213.39 mg/100g por porción (Ver Tabla N° 17), mientras que el valor más bajo lo presenta BJ-1 con 188.84 mg/100g por porción (Ver Tabla N° 17).

Los valores presentados en la tabla INCAP únicamente consideran la parte blanda (cuerpo) de *Anadara tuberculosa*, mientras que en las muestras de esta investigación se incluyó el líquido (sangre) contenido en ellas, debido a que así son consumidas en el país.

El contenido promedio de Potasio encontrado en *Anadara tuberculosa* es de 201.63 mg/100g calculado en base húmeda, cuya cantidad cubre únicamente el 4.48% de 4700 mg de la ingesta diaria recomendada para personas entre 14-70 años (Ver Anexo N° 7)⁽²¹⁾⁽³⁶⁾ por lo tanto se necesita consumir más de 100 g de este alimento para cubrir lo requerido. Ya que el funcionamiento normal del organismo depende de la estrecha regulación de las concentraciones de potasio tanto dentro como fuera de las células.⁽³⁸⁾

5.2.7 Determinación de Sodio y comparación con la tabla de composición de Alimentos de Centroamérica INCAP.

Las concentraciones de Sodio de cada sitio de muestreo se presentan detalladamente en la siguiente Tabla N° 18, donde se reflejan las concentraciones individuales de cada punto de muestreo, como la concentración promedio por sitio, expresados en mg por 100 g de muestra en base húmeda.

Tabla N° 18. Concentraciones de Sodio de seis sitios de muestreo.

Sodio			
Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Concentración base húmeda mg/100 g	Concentración promedio (sitio) mg/100 g
BJ-1	A	578.22	682.74
	B	762.67	
	C	707.33	
BJ-2	A	542.53	599.61
	B	664.53	
	C	591.77	
BJ-3	A	645.09	620.56
	B	616.43	
	C	600.15	
BJ-4	A	693.93	656.3
	B	636.98	
	C	637.99	
BJ-5	A	530.51	525.28
	B	440.33	
	C	605.01	
BJ-6	A	532.21	500
	B	463.72	
	C	504.06	

Los resultados obtenidos para determinación de Sodio en las muestras se aprecian en el gráfico siguiente:

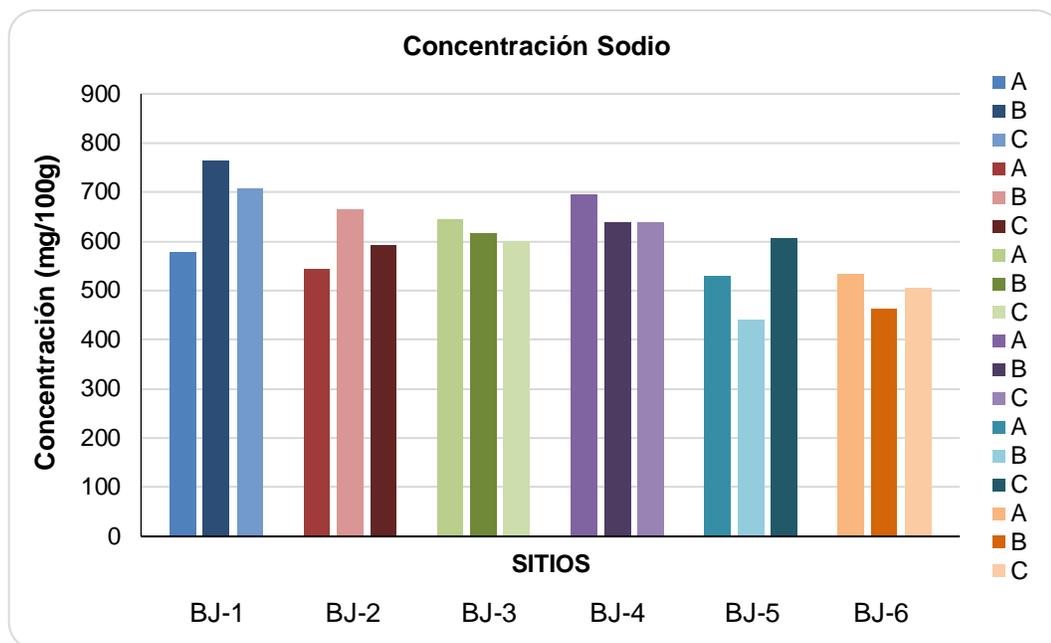


Figura N° 25. Gráfico de concentración de Sodio por sitio.

En la Figura N° 25 se observa las concentraciones de Sodio presentes en las muestras de *Anadara tuberculosa* extraídas de los seis sitios de muestreo, donde el sitio 1 presenta el valor más alto individualmente, con 762.67 mg/100g en muestra BJ-1B (Ver Tabla N° 18), mientras que el sitio 5 presenta la menor concentración de sodio con 440.33 mg/100g en muestra BJ-5B (Ver Tabla N° 18).

El contenido de Sodio en las muestras de *Anadara tuberculosa* puede ser debido a que este mineral es el segundo elemento más abundante en solución en el agua de mar⁽⁷⁾, siendo esta una fuente principal de contacto, para ser capturado por los moluscos filtradores en estudio.

Para la comparación de las concentraciones de Sodio con la Tabla de INCAP, se presentan en la Tabla N° 19, los valores promedio obtenidos se expresan en mg por 100g de muestra en base húmeda.

Tabla N° 19. Tabla comparativa de concentraciones promedio de Sodio en seis sitios de muestreo contra el valor de Sodio de INCAP.

Sitio de muestreo	Concentración promedio (sitio) mg en 100g	Valor de Sodio (mg en 100g) INCAP
BJ-1	682.74	161.00
BJ-2	599.61	161.00
BJ-3	620.56	161.00
BJ-4	656.30	161.00
BJ-5	525.28	161.00
BJ-6	500.00	161.00

La comparación de los resultados para la concentración de Sodio con la tabla de composición de Alimentos de Centroamérica INCAP se presenta en el gráfico siguiente:

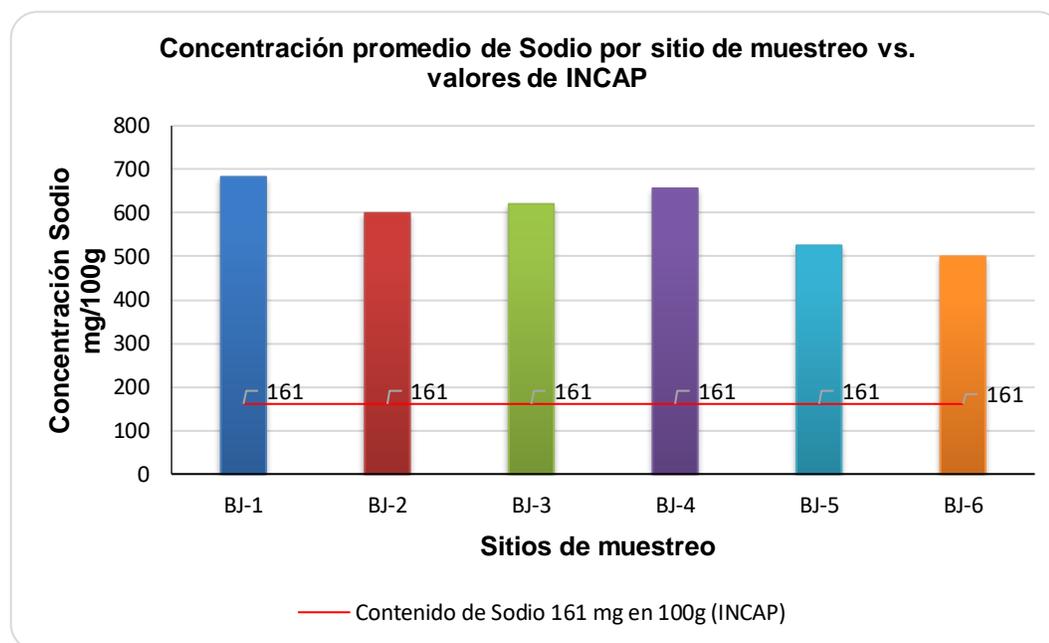


Figura N° 26. Gráfico concentración promedio de Sodio por sitio de muestreo vs. valores de INCAP.

En la Figura N° 26 se representan los resultados de las concentraciones promedio de Sodio por cada sitio de muestreo vs el valor de contenido de sodio reflejado en la tabla de INCAP de 161.00 mg/100g por porción. Todos los sitios de muestreo se encuentran por encima de la cantidad expresada en INCAP, donde el valor máximo de Sodio lo tiene BJ-1 con 682.74 mg/100g por porción (Ver Tabla N° 19), mientras que el valor más bajo lo presenta BJ-6 con 500.00 mg/100g por porción (Ver Tabla N° 19).

Los valores presentados en las tablas INCAP únicamente consideran la parte blanda (cuerpo) de *Anadara tuberculosa*, mientras que en las muestras de esta investigación se incluyó el líquido (sangre) contenido en ellas, debido a que así son consumidas en el país.

El contenido promedio de Sodio encontrado en las muestras de *Anadara tuberculosa* es de 597.42 mg/100g cantidad que sobrepasa la ingesta diaria recomendada de 1500 mg/d (Ver Anexo N° 7).⁽²¹⁾⁽³⁶⁾ por lo que se aconseja limitar el consumo, que exceda de 100 g de este alimento, ya que el Sodio está ligado a Cloro, formando lo que llamamos Cloruro de Sodio (sal), el consumo excesivo tiene el riesgo de desarrollar hipertensión arterial y problemas renales, dado que al retener agua, aumenta el volumen de sangre y por tanto la presión de la misma, sus efectos no aparecen de forma inmediata sino con el paso del tiempo, por lo que conviene tomar precauciones.⁽²³⁾

5.3 Cuantificación de contenido de Fósforo por método colorimétrico.

A partir de la solución de cenizas se realizó la determinación de Fósforo.

5.3.1 Determinación de Fósforo y comparación con la tabla de composición de Alimentos de Centroamérica INCAP.

Las concentraciones de Fósforo de cada sitio de muestreo se presentan detalladamente en la siguiente Tabla N° 20, donde se reflejan las concentraciones individuales de cada punto de muestreo, como la concentración promedio por sitio, expresados en mg por 100g de muestra en base húmeda.

Tabla N° 20. Concentraciones de Fósforo de seis sitios de muestreo.

Fósforo			
Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Concentración base húmeda mg/100 g	Concentración promedio (sitio) mg/100 g
BJ-1	A	54.66	70.61
	B	86.12	
	C	71.05	
BJ-2	A	4.33	4.73
	B	5.01	
	C	4.84	
BJ-3	A	5.01	5.27
	B	5.62	
	C	5.18	
BJ-4	A	4.63	4.91
	B	5.32	
	C	4.80	
BJ-5	A	5.29	5.25
	B	5.05	
	C	5.40	

Continuación Tabla N° 20.

BJ-6	A	5.43	5.52
	B	5.63	
	C	5.50	

Los resultados obtenidos para determinación de Fósforo en las muestras se aprecian en el siguiente gráfico:

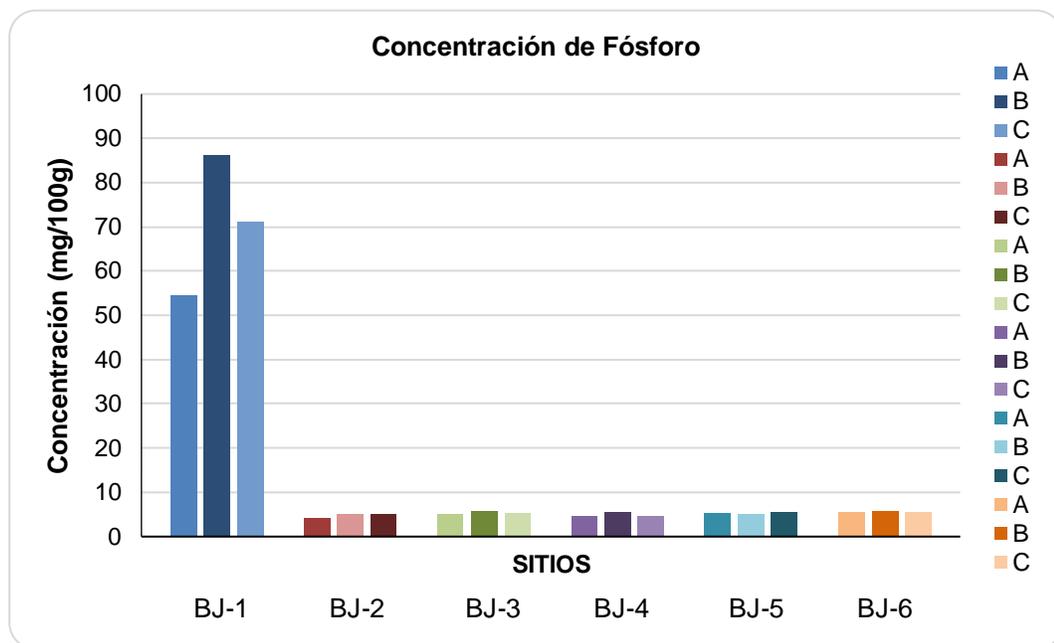


Figura N° 27. Gráfico de concentración de Fósforo por sitio.

En la Figura N° 27 se observa las concentraciones de Fósforo presentes en las muestras de *Anadara tuberculosa* extraídas de los seis sitios de muestreo, presentando valores uniformes entre los sitios BJ-2, BJ-3, BJ-4, BJ-5 y BJ-6 no así en BJ-1 que presenta el valor más alto, individualmente con 86.12 mg/100g en muestra BJ-1B (Ver Tabla N° 20), mientras que el sitio 2 presenta la menor concentración de Fósforo con 4.33 mg/100g en muestra BJ-2A (Ver Tabla N° 20).

El alto contenido de Fósforo encontrado en BJ-1 puede deberse a que este mineral se encuentra íntimamente ligado a la sal como tripolifosfato de sodio, un éster utilizado en los detergentes y ablandadores de agua, como también casi todas las reacciones del metabolismo y la fotosíntesis requieren de la hidrólisis de este fosfato, teniendo en cuenta que la sal es un constituyente fundamental del agua marina y las corrientes que desembocan en esta bahía provienen de ríos y quebradas arrastrando el agua de uso domiciliario, como también la de los cultivos las cuales pueden contener restos de fertilizantes orgánicos fosforados y llegan a inundar los manglares, lugar de hábitat de los moluscos en estudio.⁽²³⁾

Para la comparación de las concentraciones de Fósforo con la tabla de INCAP, se presentan en la Tabla N° 21, los valores promedio obtenidos se expresan en mg por 100g de muestra en base húmeda.

Tabla N° 21. Tabla comparativa de concentraciones promedio de Fósforo en seis sitios de muestreo contra el valor de Fósforo de INCAP.

Sitio de muestreo	Concentración promedio (sitio) mg en 100g	Valores de Fósforo (mg en 100g) INCAP
BJ-1	70.61	219.00
BJ-2	4.73	219.00
BJ-3	5.27	219.00
BJ-4	4.91	219.00
BJ-5	5.25	219.00
BJ-6	5.52	219.00

La comparación de los resultados de la concentración de Fósforo con la tabla de composición de Alimentos de Centroamérica INCAP se presenta en el gráfico siguiente:

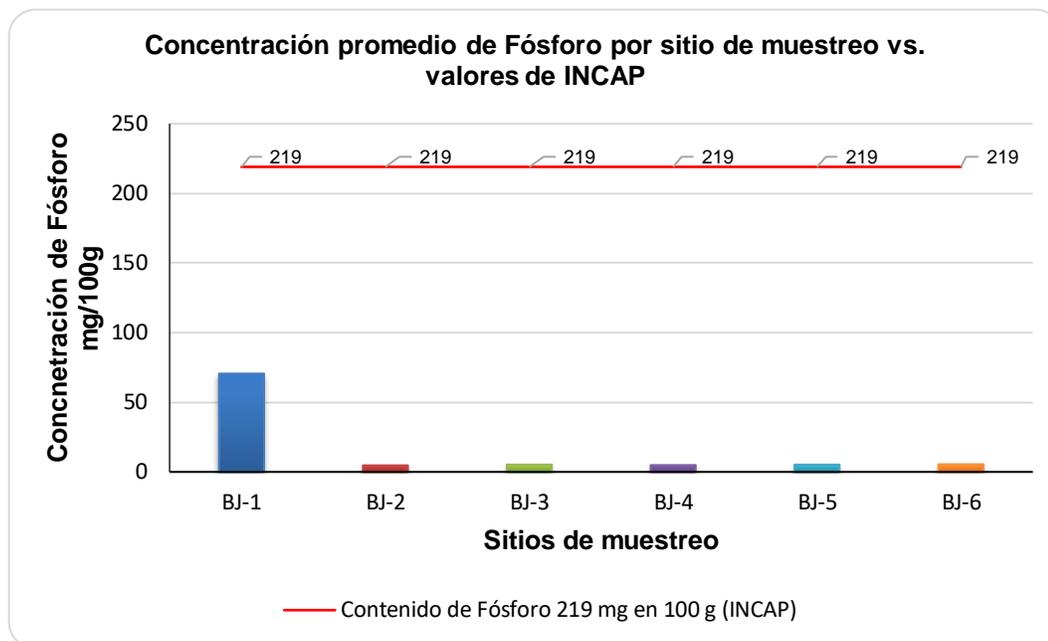


Figura N° 28. Gráfico concentración promedio de Fósforo por sitio de muestreo vs. valores de INCAP.

En la Figura N° 28 se representan los resultados de las concentraciones promedio de Fósforo por cada sitio de muestreo vs el valor de contenido de Fósforo reflejado en la tabla de INCAP es de 219.00 mg/100g por porción. Sin embargo todos los sitios de muestreo se encuentran por debajo de la cantidad expresada en INCAP, donde el valor máximo de Fósforo lo tiene sitio BJ-1 con 70.61 mg/100g por porción (Ver cuadro N° 21), mientras que el valor más bajo lo presenta BJ-5 con 5.25 mg/100g por porción (Ver cuadro N° 21).

Los valores presentados en la tabla INCAP únicamente consideran la parte blanda (cuerpo) de *Anadara tuberculosa*, mientras que en las muestras tratadas se incluyó el líquido (sangre) contenido en ellas, debido a que así son consumidas en el país.

La ingesta diaria de Fósforo recomendada es de 1200 mg/d (Ver Anexo N° 7).⁽²¹⁾⁽³⁶⁾ mientras que la cantidad promedio aportada por este alimento es de

16.05 mg/100g calculada en base húmeda, correspondiente al 1.33%, por lo que no es una fuente potencial de Fósforo y se debe consumir otro tipo alimentos para suplir el requerimiento diario.

5.4 Cuantificación de contenido de metales pesados por método de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito y generador de hidruros.

A partir de la solución de cenizas se realizaron las siguientes determinaciones: Arsénico, Cromo y Plomo.

5.4.1 Determinación de Arsénico y comparación con los valores permisibles en Codex Alimentarius.

Las concentraciones de arsénico de cada sitio de muestreo se presentan detalladamente en la siguiente Tabla N° 22, donde se reflejan las concentraciones individuales de cada punto de muestreo, como la concentración promedio por sitio, expresados en µg/g de muestra en base húmeda.

Tabla N° 22. Concentraciones de Arsénico de seis sitios de muestreo.

Arsénico			
Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Concentración base húmeda µg/g	Concentración promedio (sitio) µg/g
BJ-1	A	0.08	0.1
	B	0.1	
	C	0.11	
BJ-2	A	0.07	0.07
	B	0.08	
	C	0.07	

Continuación Tabla N° 22

ARSÉNICO			
Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Concentración Base húmeda $\mu\text{g/g}$	Concentración promedio (sitio) $\mu\text{g/g}$
BJ-3	A	0.07	0.07
	B	0.07	
	C	0.07	
BJ-4	A	0.06	0.06
	B	0.06	
	C	0.06	
BJ-5	A	0.07	0.07
	B	0.06	
	C	0.07	
BJ-6	A	0.08	0.07
	B	0.07	
	C	0.07	

Los resultados obtenidos para determinación de Arsénico en las muestras se aprecian en el gráfico siguiente:

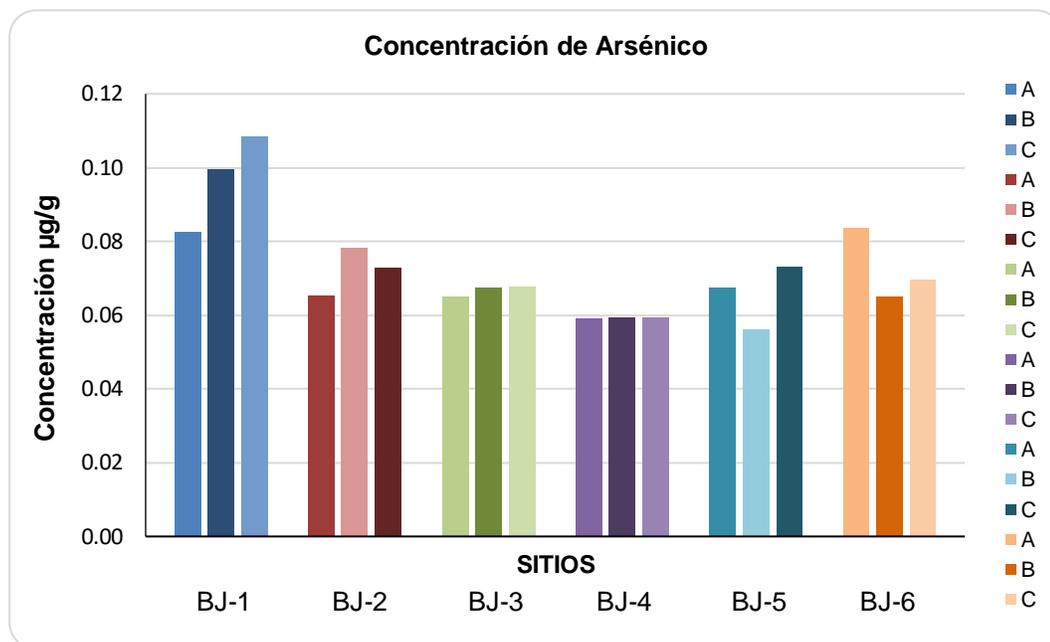


Figura N° 29. Gráfico de concentración de Arsénico por sitio.

En la Figura N° 29 se observan las concentraciones de Arsénico presentes en las muestras de *Anadara tuberculosa* extraídas de los seis sitios de muestreo, obteniendo diferencia en los resultados individuales por punto, como por sitio de muestreo, donde el sitio 1 es el valor más alto individualmente con 0.11 µg/g de Arsénico en muestra BJ-1C (Ver Tabla N° 22), mientras que el sitio 5 presenta la menor concentración de Arsénico con 0.06 µg/g en muestra BJ-5B (Ver Tabla N° 22).

Las concentraciones de Arsénico se presentan detalladamente en el siguiente cuadro, que contiene las concentraciones promedio encontrados en cada sitio de muestreo, expresados en µg/g de muestra en base húmeda vs. los valores permisibles en Codex alimentarius.

Tabla N° 23. Tabla comparativa de concentraciones promedio de Arsénico en seis sitios de muestreo contra los valores permisibles en Codex alimentarius.

Sitio de muestreo	Concentración promedio (sitio) µg/g	Valor mínimo Codex alimentarius (µg/g)	Valor máximo Codex alimentarius (µg/g)
BJ-1	0.10	110.00	130.00
BJ-2	0.07	110.00	130.00
BJ-3	0.07	110.00	130.00
BJ-4	0.06	110.00	130.00
BJ-5	0.07	110.00	130.00
BJ-6	0.07	110.00	130.00

La comparación de los resultados para la concentración de Arsénico con los valores permisibles en Codex alimentarius se presenta en el grafico siguiente:

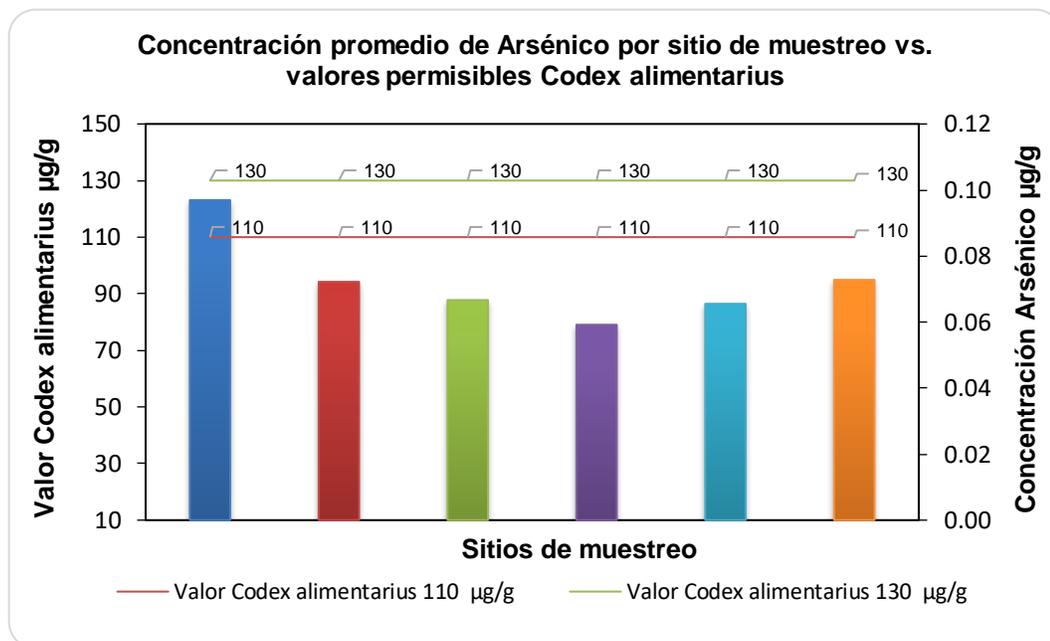


Figura N° 30. Gráfico concentración promedio de Arsénico por sitio de muestreo vs. valores permisibles Codex alimentarius.

En la Figura N° 30 se representan los resultados de las concentraciones promedio de Arsénico por cada sitio de muestreo vs. los valores permisibles de arsénico según Codex alimentarius de 110.00 µg/g a 130.00 µg/g en muestra (Ver Anexo N° 8). Sin embargo todos los sitios de muestreo se encuentran por debajo de la cantidad expresada en Codex alimentarius, donde el valor máximo de Arsénico lo presenta sitio BJ-1 con 0.10 µg/g de muestra (Ver Tabla N° 23), mientras que el valor más bajo lo presenta BJ-4 con 0.06 µg/g de muestra (Ver Tabla N° 23).

Cabe recordar que los análisis de las muestras de *Anadara tuberculosa* se realizaron incluyendo la parte blanda y el líquido (sangre) contenido en ellas, debido a que así son consumidas en el país.

Aun así, ninguno de los valores sobrepasa los límites establecidos, por lo que se considera seguro el consumo de *Anadara tuberculosa* de esta zona de la bahía de Jiquilisco con respecto a este metal pesado.

5.4.2 Determinación de Cromo y comparación con los valores permisibles en Codex Alimentarius.

Las concentraciones de Cromo de cada sitio de muestreo se presentan detalladamente en la Tabla N° 24, donde se reflejan las concentraciones individuales de cada punto de muestreo, como la concentración promedio por sitio, expresados en $\mu\text{g/g}$ de muestra en base húmeda.

Tabla N° 24. Concentraciones de cromo de seis sitios de muestreo.

Cromo			
Sitio de muestreo	Punto de muestreo	concentración base húmeda $\mu\text{g/g}$	Concentración promedio (sitio) $\mu\text{g/g}$
BJ-1	A	0.01	0.02
	B	0.02	
	C	0.01	
BJ-2	A	0.03	0.03
	B	0.02	
	C	0.03	
BJ-3	A	0.02	0.02
	B	0.02	
	C	0.02	
BJ-4	A	0.02	0.02
	B	0.02	
	C	0.02	

Continuación Tabla N° 24

Cromo			
Sitio de muestreo	Punto de muestreo	concentración base húmeda $\mu\text{g/g}$	Concentración promedio (sitio) $\mu\text{g/g}$
BJ-5	A	0.02	0.02
	B	0.02	
	C	0.02	
BJ-6	A	0.02	0.02
	B	0.02	
	C	0.03	

Los resultados obtenidos para determinación de Cromo en las muestras se aprecian en el gráfico siguiente:

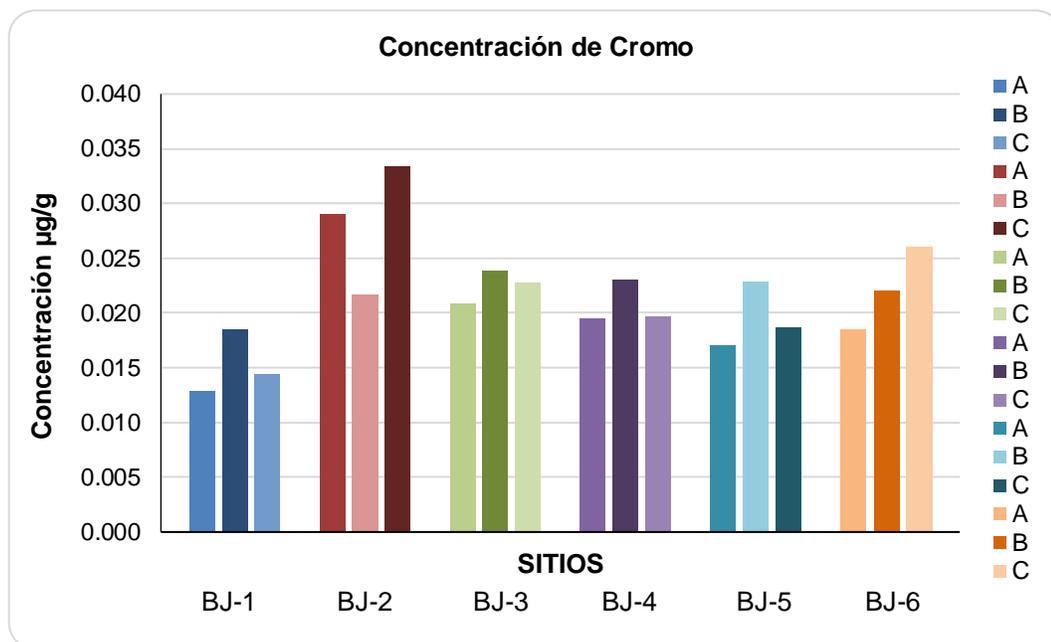


Figura N° 31. Gráfico de Concentración de Cromo por sitio.

En la Figura N° 31 se observan las concentraciones de Cromo presentes en las muestras de *Anadara tuberculosa* extraídas de los seis sitios de muestreo, obteniendo algunas diferencias en los resultados individuales por punto, como por sitio de muestreo, donde el sitio 2 es el valor más alto individualmente con 0.03 µg/g de cromo en muestra BJ-2 A y C (Ver Tabla N° 24), mientras que el sitio 1 presenta la menor concentración de Cromo con 0.01 µg/g en muestra BJ-1A (Ver Tabla N° 24).

Las concentraciones de Cromo se presentan detalladamente en el siguiente cuadro, que contiene las concentraciones promedio encontrados en cada sitio de muestreo, expresados en µg/g de muestra en base húmeda vs. los valores permisibles en Codex alimentarius.

Tabla N° 25. Tabla comparativa de concentraciones promedio de Cromo en seis sitios de muestreo contra los valores permisibles en Codex alimentarius.

Sitio de muestreo	Concentraci promedio (sitio) µg/g	Valor mínimo (µg/g) Codex alimentarius	Valor máximo (µg/g) Codex alimentarius
BJ-1	0.02	17.00	20.00
BJ-2	0.03	17.00	20.00
BJ-3	0.02	17.00	20.00
BJ-4	0.02	17.00	20.00
BJ-5	0.02	17.00	20.00
BJ-6	0.02	17.00	20.00

La comparación de los resultados para la concentración de cromo con los valores permisibles en Codex alimentarius se presenta en el grafico siguiente:

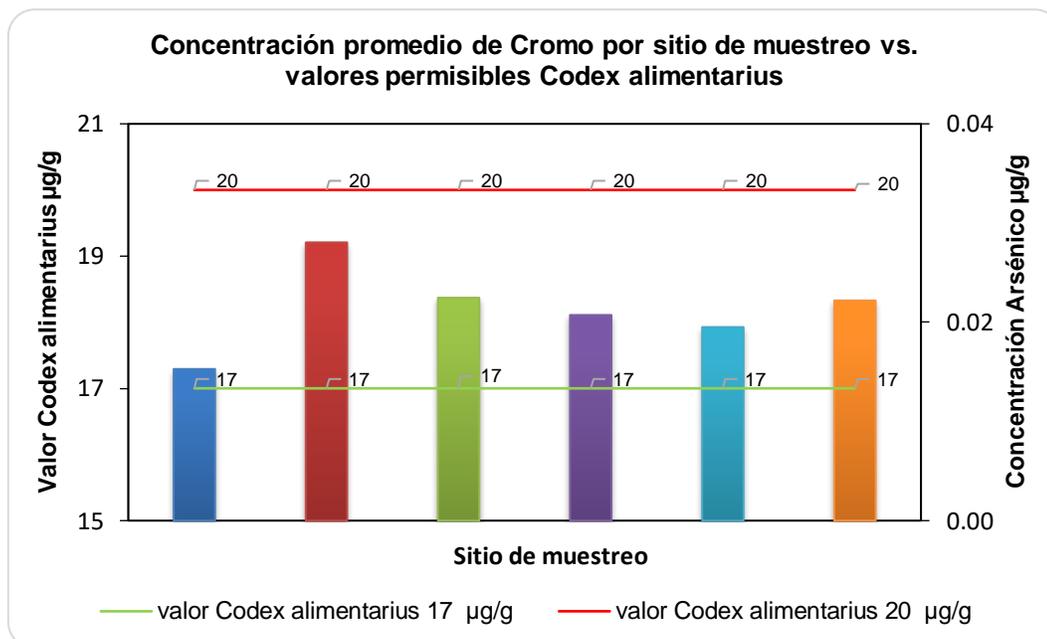


Figura N° 32. Gráfico concentración promedio de Cromo por sitio de muestreo vs. valores permisibles Codex alimentarius.

En la Figura N° 32 se representan los resultados de las concentraciones promedio de Cromo por cada sitio de muestreo vs. valores permisibles de Cromo según Codex alimentarius desde 17.00 a 20.00 µg/g en muestra. (Ver Anexo N° 8) Todos los sitios de muestreo se encuentran por debajo de la cantidad expresada en Codex alimentarius, donde el valor máximo de Cromo lo presenta sitio BJ-2 con 0.03 µg/g de muestra (Ver Tabla N° 25), mientras que el valor más bajo los presenta BJ-1, BJ-3, BJ-4, BJ-5, BJ-6 con 0.02 µg/g en muestra (Ver Tabla N° 25).

Cabe recordar que los análisis de las muestras de *Anadara tuberculosa* se realizaron incluyendo la parte blanda y el líquido (sangre) contenido en ellas, debido a que así son consumidas en el país.

Aun así, ninguno de los valores sobrepasa los límites establecidos, por lo que se considera seguro el consumo de *Anadara tuberculosa* de esta zona de la bahía de Jiquilisco con respecto a este metal pesado.

5.4.3 Determinación de Plomo y comparación con los valores permisibles en Codex Alimentarius.

Las concentraciones de Plomo de cada sitio de muestreo se presentan detalladamente en la siguiente Tabla N° 26, donde se reflejan las concentraciones individuales de cada punto de muestreo, como la concentración promedio por sitio, expresados en $\mu\text{g/g}$ de muestra en base húmeda.

Tabla N° 26. Concentraciones de Plomo de seis sitios de muestreo.

Plomo			
Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Concentración base húmeda $\mu\text{g/g}$	Concentración promedio (sitio) $\mu\text{g/g}$
BJ-1	A	0.03	0.02
	B	0.02	
	C	0.02	
BJ-2	A	0.01	0.01
	B	0.01	
	C	0.01	
BJ-3	A	0.01	0.01
	B	0.01	
	C	0.01	
BJ-4	A	0.01	0.01
	B	0.01	
	C	0.01	
BJ-5	A	0.01	0.01
	B	0.01	
	C	0.01	
BJ-6	A	0.01	0.01
	B	0.01	
	C	0.01	

Los resultados obtenidos para determinación de Plomo en las muestras se aprecian en el gráfico siguiente:

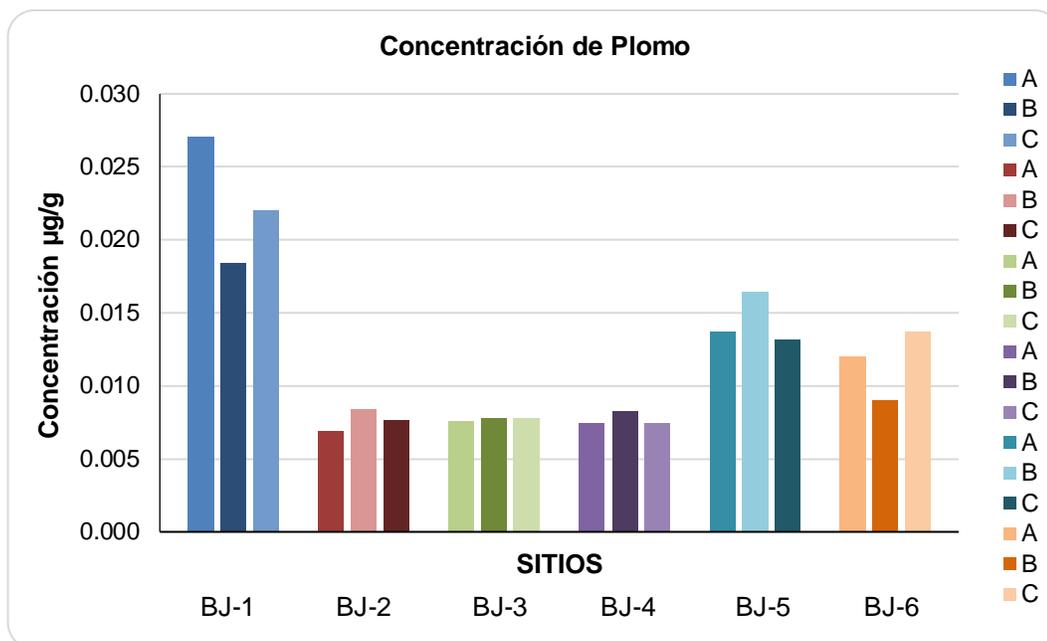


Figura N° 33. Gráfico concentración de Plomo por sitio.

En la Figura N° 33 se observan las concentraciones de Plomo presentes en las muestras de *Anadara tuberculosa* extraídas de los seis sitios de muestreo, obteniendo diferencia en los resultados individuales por punto, como por sitio de muestreo, donde el sitio BJ-1A es el valor más alto individualmente con 0.03 µg/g de Plomo en muestra (Ver Tabla N° 26), mientras que el sitio BJ-2, BJ-3, BJ-4, BJ-5 y BJ-6 presentan la menor concentración de Plomo con 0.01 µg/g en muestra (Ver Tabla N° 26).

Las concentraciones de Plomo se presentan detalladamente en el siguiente cuadro, que contiene las concentraciones promedio encontrados en cada sitio de muestreo, los cuales están expresados en µg/g de muestra en base húmeda los valores permisibles en Codex alimentarius.

Tabla N° 27. Tabla comparativa de concentraciones promedio de Plomo en seis sitios de muestreo contra los valores permisibles en Codex alimentarius.

Sitio de muestreo	Concentración $\mu\text{g/g}$ promedio (sitio)	Valor mínimo Codex alimentarius $\mu\text{g/g}$	Valor máximo Codex alimentarius $\mu\text{g/g}$
BJ-1	0.02	1.50	6.30
BJ-2	0.01	1.50	6.30
BJ-3	0.01	1.50	6.30
BJ-4	0.01	1.50	6.30
BJ-5	0.01	1.50	6.30
BJ-6	0.01	1.50	6.30

La comparación de los resultados para la concentración de plomo con los valores permisibles en Codex alimentarius se presenta en el gráfico siguiente:

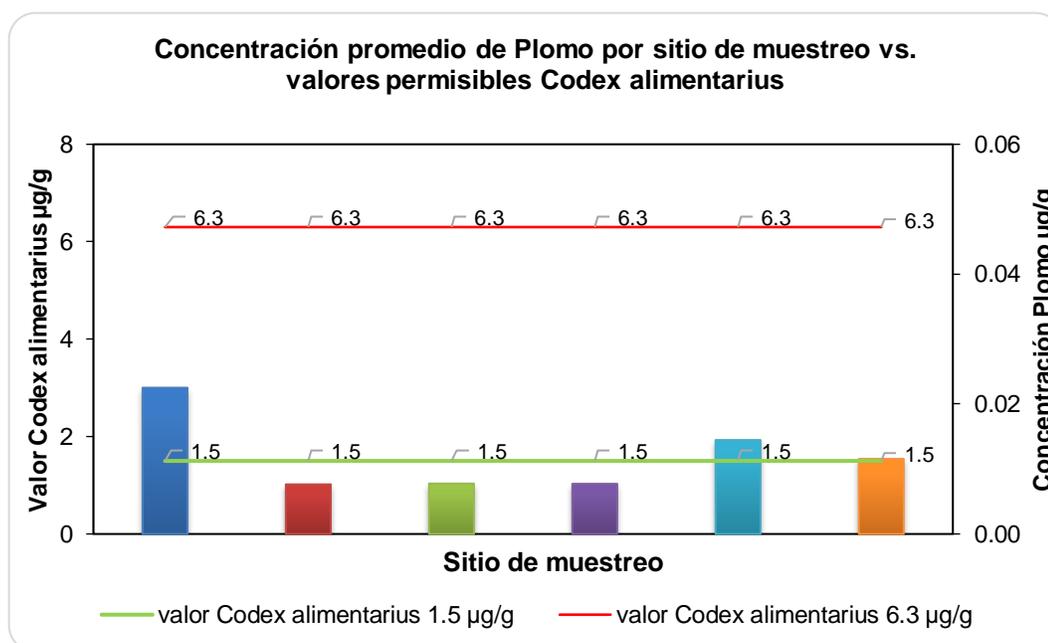


Figura N° 34. Gráfico concentración promedio de Plomo por sitio de muestreo vs. valores permisibles Codex alimentarius.

En la Figura N° 34 se representan los resultados de las concentraciones promedio de Plomo por cada sitio de muestreo vs. los valores permisibles de plomo según Codex alimentarius que van desde 1.50 $\mu\text{g/g}$ a 6.30 $\mu\text{g/g}$ en muestra. (Ver Anexo N° 8).

Todos los sitios de muestreo se encuentran por debajo de la cantidad expresada en Codex alimentarius, donde el valor máximo de Plomo lo presenta sitio BJ-1 con 0.02 $\mu\text{g/g}$ de muestra (Ver Tabla N° 27), mientras que el valor más bajo lo presentan BJ-2, BJ-3, BJ-4, BJ-5 y BJ-6 con 0.01 $\mu\text{g/g}$ de muestra (Ver Tabla N° 27).

Cabe recordar que los análisis de las muestras de *Anadara tuberculosa* se realizaron incluyendo la parte blanda y el líquido (sangre) contenido en ellas, debido a que así son consumidas en el país.

Aun así, ninguno de los valores sobrepasa los límites establecidos, por lo que se considera seguro el consumo de *Anadara tuberculosa* de esta zona de la bahía de Jiquilisco con respecto a este metal pesado.

5.5 Análisis estadístico.⁽⁴⁾⁽³¹⁾

El análisis para la diferencia significativa entre los resultados de minerales y metales pesados en cada sitio de muestreo se realizó de la siguiente manera: en base a los resultados, no presentaban una distribución normal paramétrica por lo que se realizó una prueba no paramétrica, para cada uno de los elementos estudiados, la cual consiste en evaluar los sitios de muestreo utilizando la mediana de cada uno de ellos, con el programa MiniTab, herramienta para procesar datos estadísticos.

Las hipótesis planteadas fueron las siguientes:

Hipótesis nula (H_0): no existe diferencia en la mediana del contenido de minerales y metales entre cada sitio de muestreo.

Hipótesis alterna (H_a): al menos uno de los sitios de muestreo tiene mediana distinta a los otros.

Si p es menor a 0.05, se rechaza hipótesis nula, con un nivel de confianza de 95%.

Por ejemplo, si p es 0.027 es menor que 0.05, indica que sí existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas, aceptando la hipótesis alterna con un nivel del 95.0 % de confianza.

5.5.1 Prueba de Kruskal-Wallis para la evaluación de minerales y metales pesados en el molusco *Anadara tuberculosa*.

Los resultados de cada mineral y metal pesado se analizaron por el método no paramétrico de Kruskal-Wallis.

- Calcio.

A continuación, se muestra la Figura Boxplot correspondiente a Calcio, donde se establece la similitud o diferencia entre los sitios de muestreo en estudio.

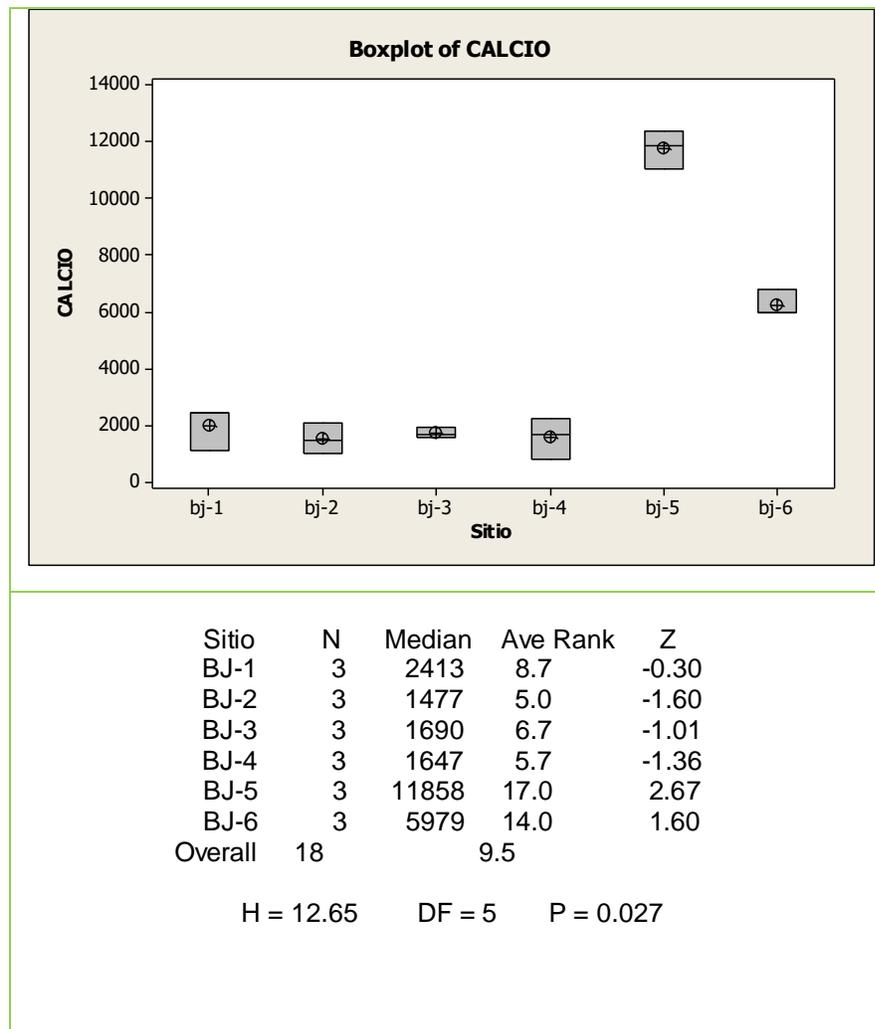


Figura N° 35. Boxplot de medianas de Calcio con respecto a los seis sitios de muestreo y resumen estadístico.

En la parte inferior de la figura se muestra el resumen estadístico, donde el valor de p es 0.027 es menor que 0.05, lo que indica que sí existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95.0 % de confianza.

- **Zinc.**

A continuación, se muestra la Figura Boxplot correspondiente a Zinc, donde se establece la similitud o diferencia entre los sitios de muestreo en estudio.

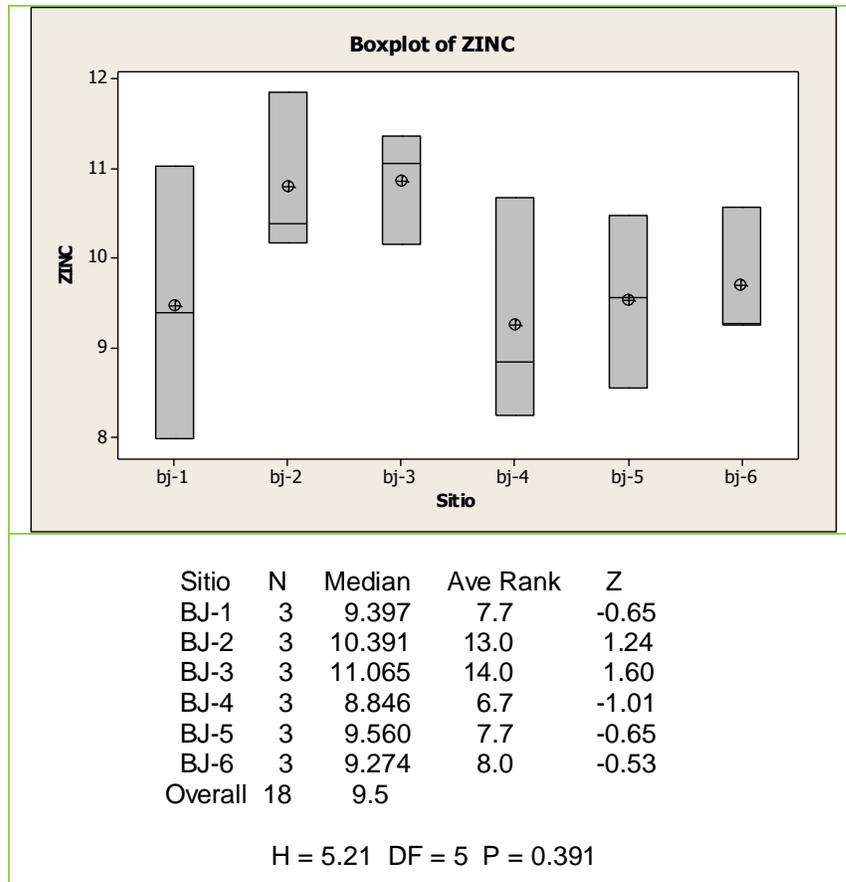


Figura N° 36. Boxplot de medianas de Zinc con respecto a los seis sitios de muestreo y resumen estadístico.

En la parte inferior de la figura se muestra el resumen estadístico, donde el valor de p es 0.391 es mayor que 0.05, lo que indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95.0 % de confianza.

- **Cobre.**

A continuación, se muestra la Figura Boxplot correspondiente a Cobre, donde se establece la similitud o diferencia entre los sitios de muestreo en estudio.

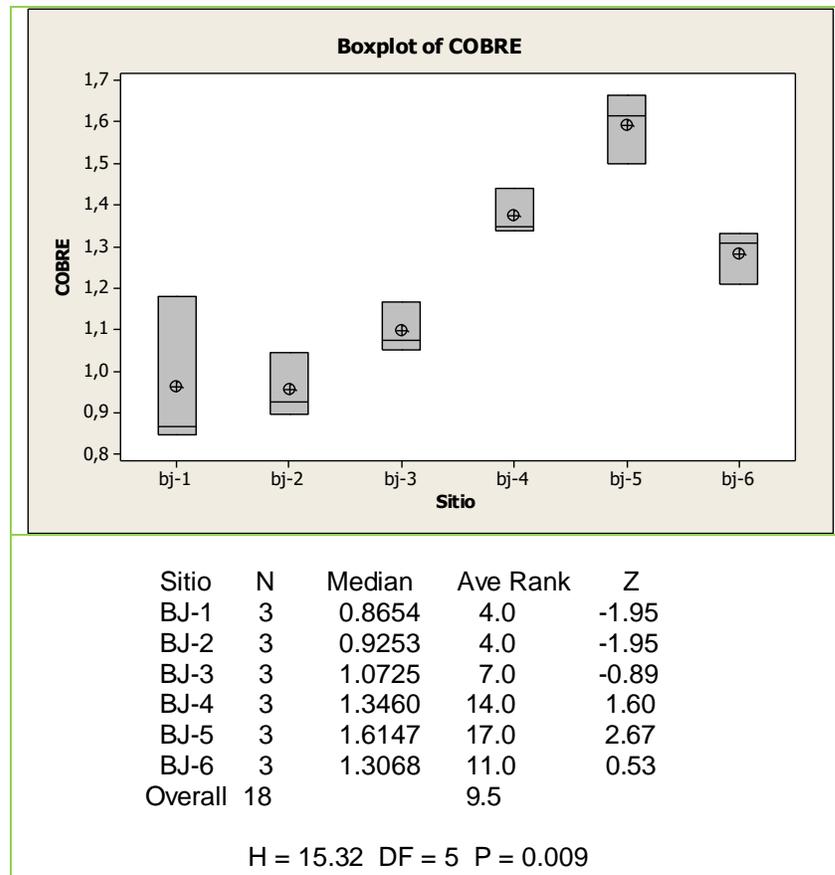


Figura N° 37. Boxplot de medianas de Cobre con respecto a los seis sitios de muestreo y resumen estadístico.

En la parte inferior de la figura se muestra el resumen estadístico, donde el valor de p es 0.009 es menor que 0.05, lo que indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95.0 % de confianza.

- **Hierro.**

A continuación, se muestra la Figura Boxplot correspondiente a Hierro, donde se establece la similitud o diferencia entre los sitios de muestreo en estudio.

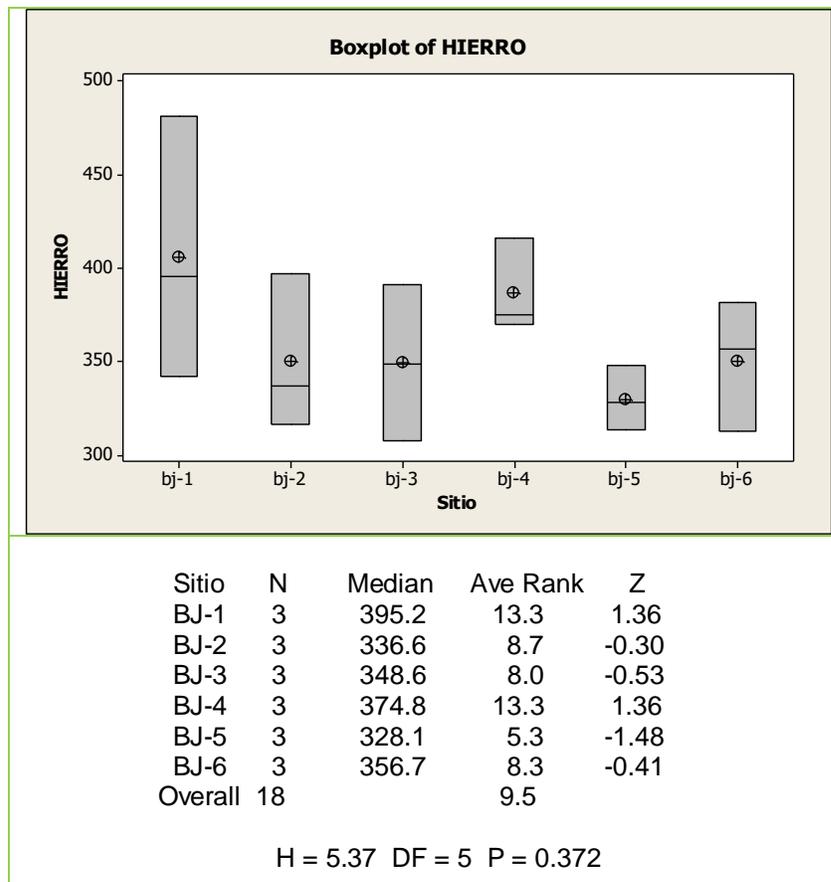


Figura N° 38. Boxplot de medianas de Hierro con respecto a los seis sitios de muestreo y resumen estadístico.

En la parte inferior de la figura se muestra el resumen estadístico, donde el valor de p es 0.372 es mayor que 0.05, lo que indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95.0 % de confianza.

- **Magnesio.**

A continuación, se muestra el gráfico Boxplot correspondiente a Magnesio, donde se establece la similitud o diferencia entre los sitios de muestreo en estudio.

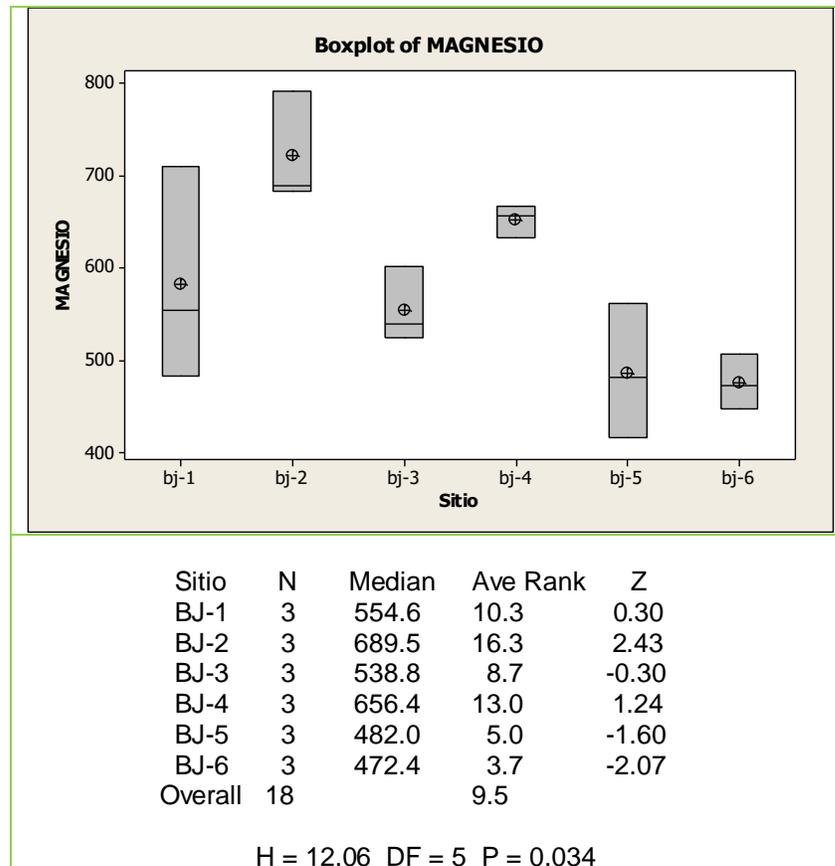


Figura N° 39. Boxplot de medianas de Magnesio con respecto a los seis sitios de muestreo y resumen estadístico.

En la parte inferior de la figura se muestra el resumen estadístico, donde el valor de p es 0.034 es menor que 0.05, lo que indica que si existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95.0 % de confianza.

- **Potasio.**

A continuación, se muestra la Figura Boxplot correspondiente a Potasio, donde se establece la similitud o diferencia entre los sitios de muestreo en estudio.

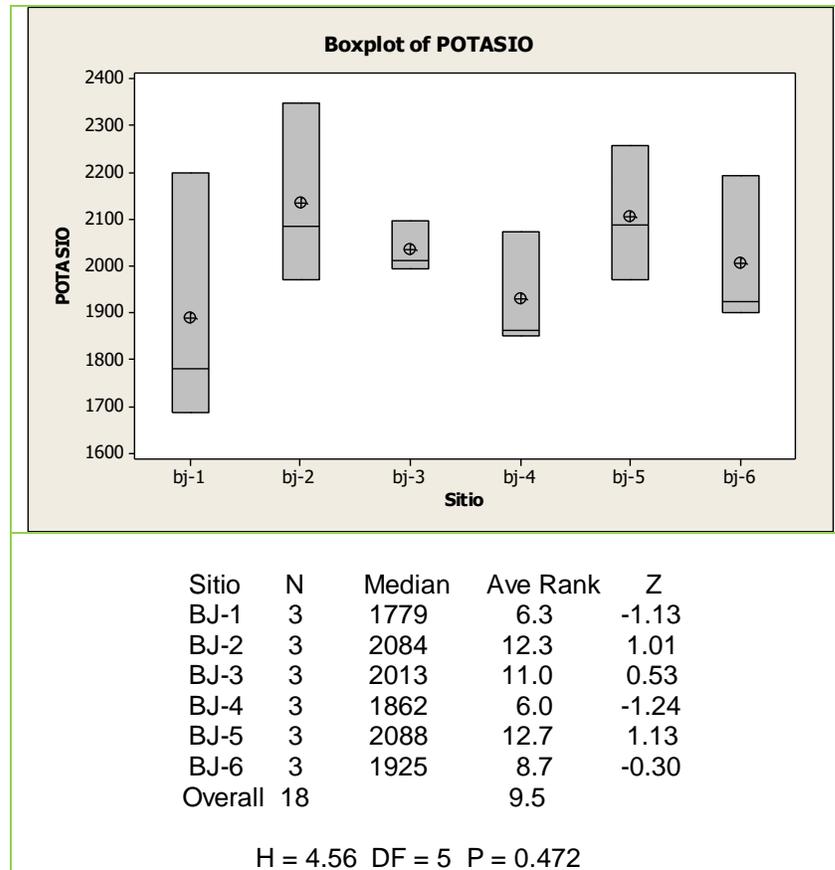


Figura N° 40. Boxplot de medianas de Potasio con respecto a los seis sitios de muestreo y resumen estadístico.

En la parte inferior de la figura se muestra el resumen estadístico, donde el valor de p es 0.472 es mayor que 0.05, lo que indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95.0 % de confianza.

- **Sodio.**

A continuación, se muestra la Figura Boxplot correspondiente a Sodio, donde se establece la similitud o diferencia entre los sitios de muestreo en estudio.

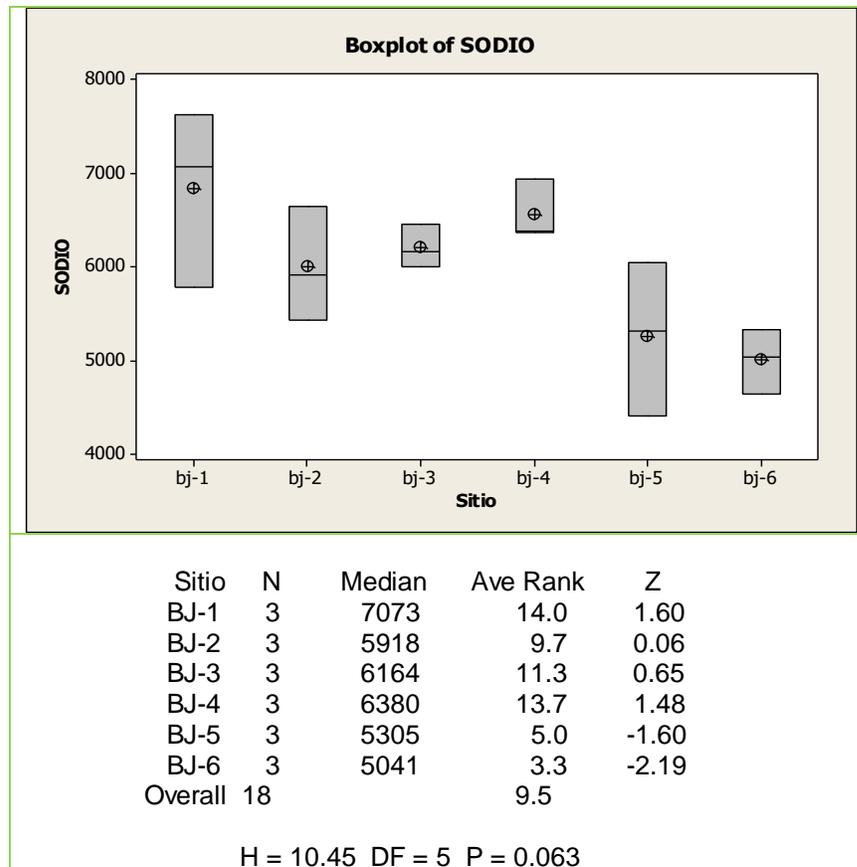


Figura N° 41. Boxplot de medianas de sodio con respecto a los seis sitios de muestreo y resumen estadístico.

En la parte inferior de la figura se muestra el resumen estadístico, donde el valor de p es 0.063 es mayor que 0.05, lo que indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95.0 % de confianza.

- **Fósforo**

A continuación, se muestra el gráfico Boxplot correspondiente a Ffósforo, donde se establece la similitud o diferencia entre los sitios de muestreo en estudio.

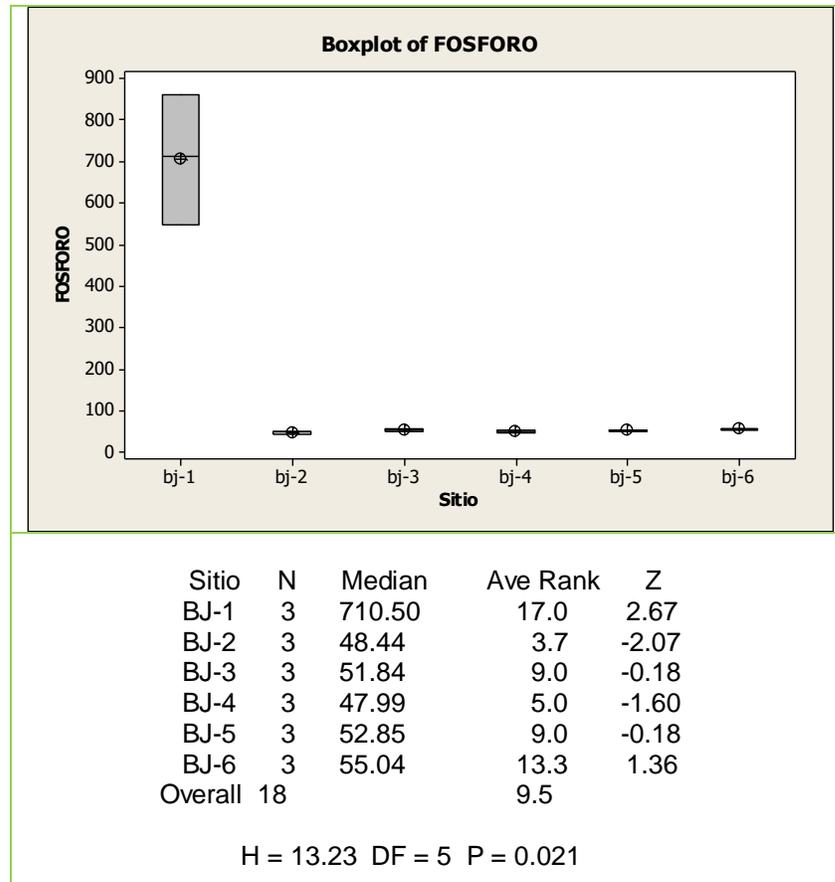


Figura N° 42. Boxplot de medianas de Fósforo con respecto a los seis sitios de muestreo y resumen estadístico.

En la parte inferior de la figura se muestra el resumen estadístico, donde el valor de p es 0.021 es menor que 0.05, lo que indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95.0 % de confianza.

- **Arsénico.**

A continuación, se muestra la Figura Boxplot correspondiente a Arsénico, donde se establece la similitud o diferencia entre los sitios de muestreo en estudio.

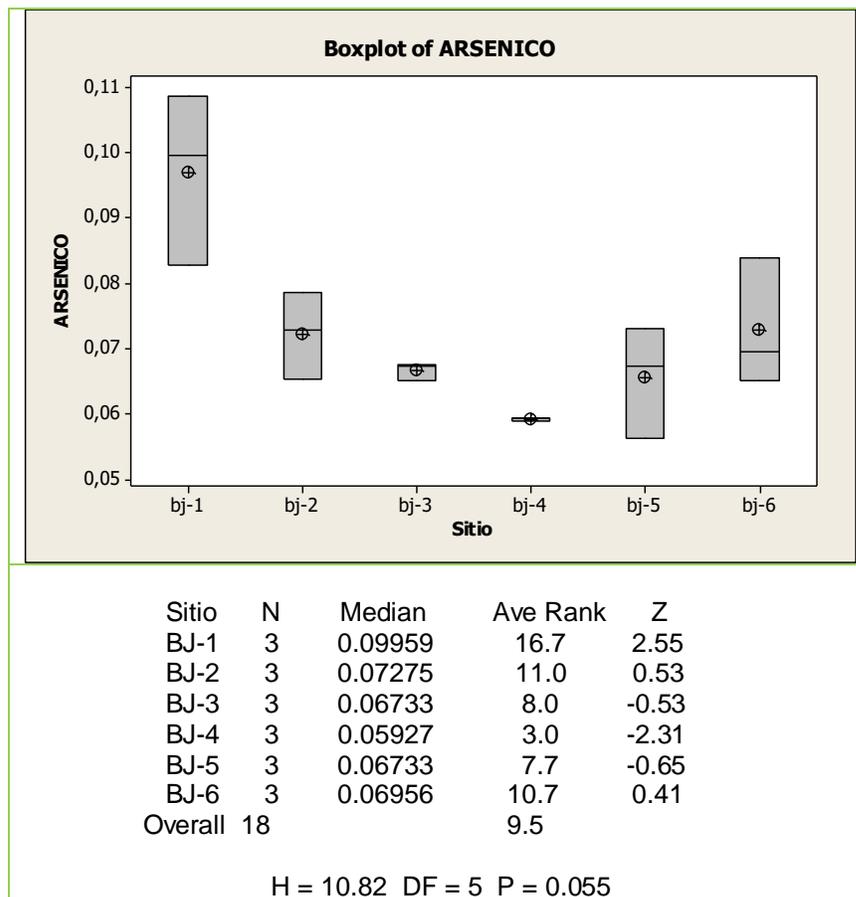


Figura N° 43. Boxplot de medianas de Arsénico con respecto a los seis sitios de muestreo y resumen estadístico.

En la parte inferior de la Figura se muestra el resumen estadístico, donde el valor de p es 0.055 es mayor que 0.05, lo que indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95.0 % de confianza.

- **Cromo.**

A continuación, se muestra la Figura Boxplot correspondiente a Cromo, donde se establece la similitud o diferencia entre los sitios de muestreo en estudio.

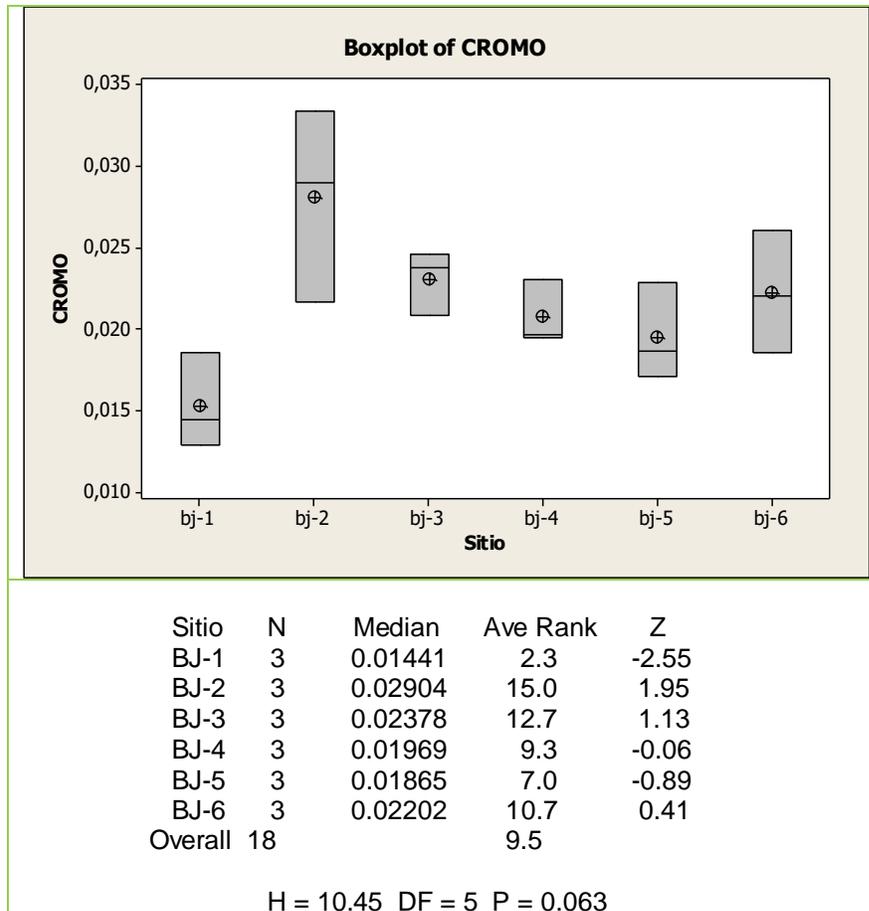


Figura N° 44. Boxplot de medianas de Cromo con respecto a los seis sitios de muestreo y resumen estadístico.

En la parte inferior de la figura se muestra el resumen estadístico, donde el valor de p es 0.063 es mayor que 0.05, lo que indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95.0 % de confianza.

- **Plomo.**

A continuación, se muestra el gráfico Boxplot correspondiente a Plomo, donde se establece la similitud o diferencia entre los sitios de muestreo en estudio.

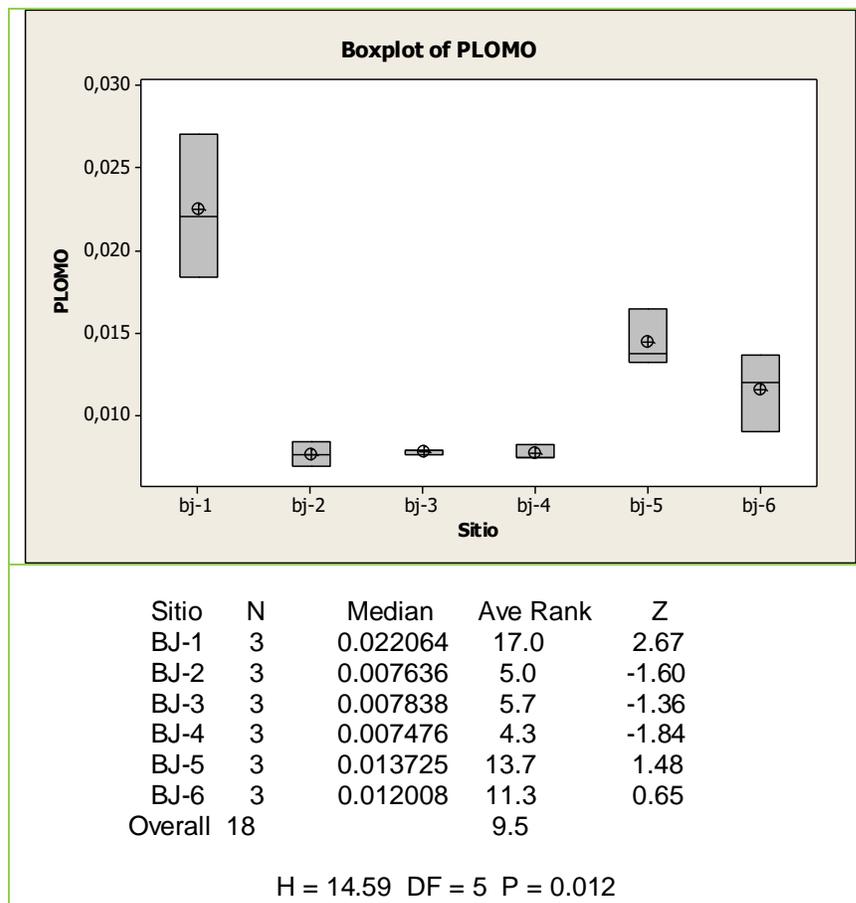


Figura N° 45. Boxplot de medianas de Plomo con respecto a los seis sitios de muestreo y resumen estadístico.

En la parte inferior de la figura se muestra el resumen estadístico, donde el valor de p es 0.012 es menor que 0.05, lo que indica que si existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95.0 % de confianza.

A continuación, se muestra un cuadro resumen sobre los resultados de evaluación de hipótesis de las medianas de concentración de minerales y metales pesados de los seis sitios de muestreo en la bahía de Jiquilisco:

Cuadro N° 3. Resumen de aceptación de hipótesis

Elemento		Valor de P	Hipótesis nula (Ho)	Hipótesis alterna (Ha)
		Menor a 0.05	Acepta	Acepta
Minerales	Calcio	0.027		√
	Zinc	0.391	√	
	Cobre	0.009		√
	Hierro	0.372	√	
	Magnesio	0.034		√
	Potasio	0.472	√	
	Sodio	0.063	√	
	Fósforo	0.021		√
Metales	Arsénico	0.055	√	
	Cromo	0.063	√	
	Plomo	0.012		√

5.5.2 Análisis estadístico por dendrograma⁽⁴⁾

La herramienta Dendrograma utiliza un algoritmo de clustering jerárquico, que muestra las distancias de atributos entre cada par de clases fusionadas de manera secuencial. Para evitar cruzar líneas, el diagrama se expone gráficamente de tal modo que los miembros de cada par de clases que se fusionan son elementos próximos.

A continuación, se presenta un dendrograma en el que se indican los conglomerados de observaciones (cluster) y niveles de similitud. (Ver Figura N° 46)

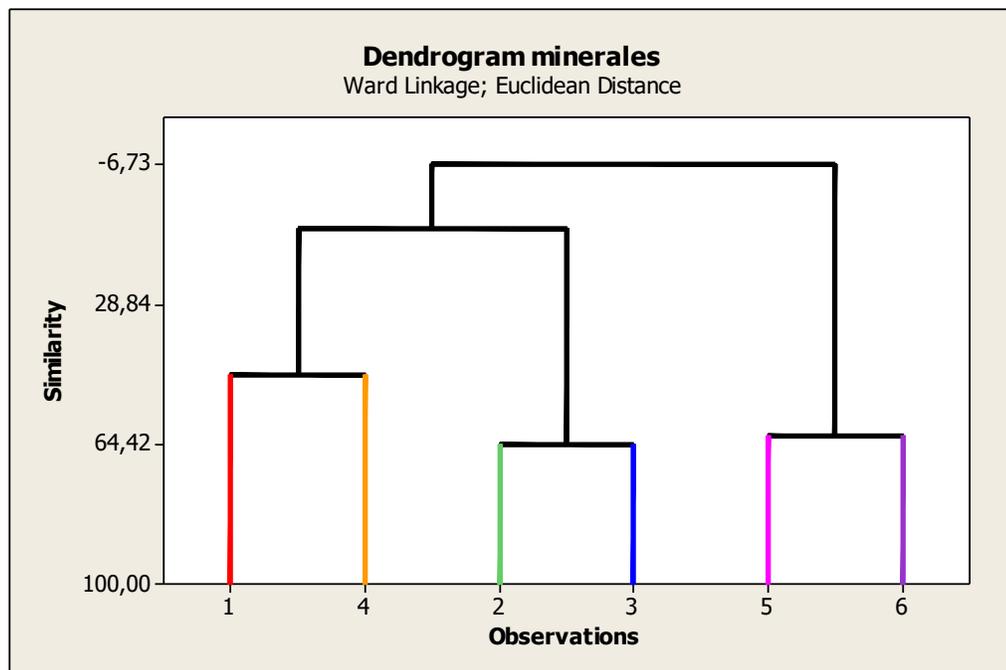


Figura N° 46. Dendrograma minerales de seis sitios de muestreo

En la Figura N° 46. El dendrograma muestra el número de observaciones, los cuales se refieren a los sitios de muestreo realizados en la bahía de Jiquilisco, englobando todos los minerales de un mismo sitio, así como las distancias entre sus características en los resultados obtenidos; se cortó el dendrograma a un nivel de similitud 50 aproximadamente, donde el sitio 2 y 3 son similares entre sí, ya que presentan menor distancia en el eje de similitud. El cluster que compone el sitio 5 y 6 serían los segundos en tener similitud en sus características y finalmente, el cluster que compone el sitio 1 y 4 el nivel de similitud es menor que los anteriores.

El diagrama de árbol (dendrograma) correspondiente a metales pesados se presenta a continuación: (Ver Figura N° 47)

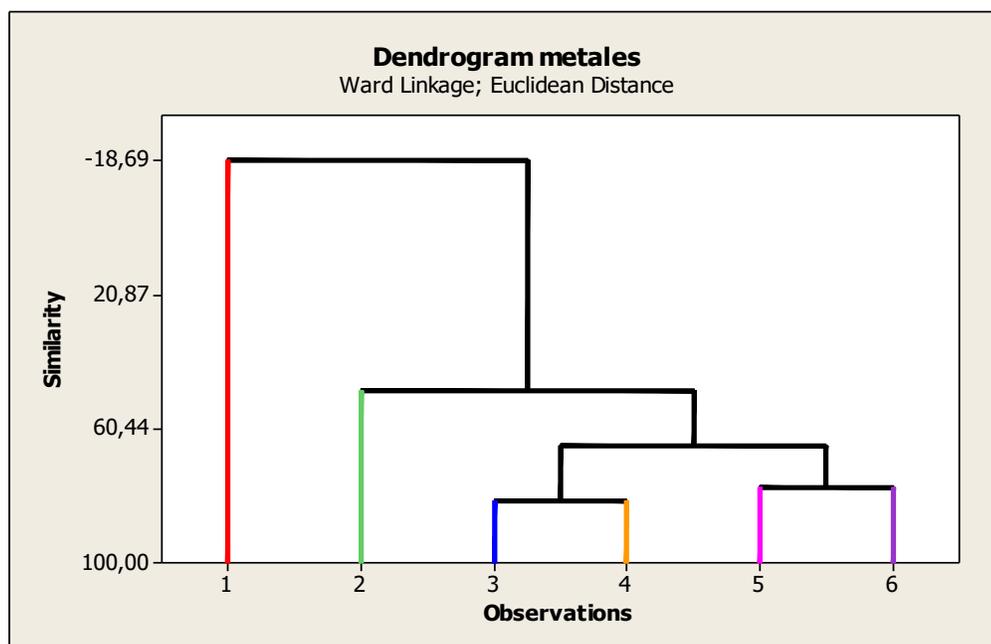


Figura N° 47. Dendrograma metales de seis sitios de muestreo

En la Figura N° 47. El dendrograma muestra el número de observaciones, los cuales se refieren a los sitios de muestreo realizados en la bahía de Jiquilisco, englobando todos los metales de un mismo sitio, así como las distancias entre sus características; se cortó el dendrograma a un nivel de similitud 60 aproximadamente, se forman dos cluster, que corresponden al sitio 3 y 4 los cuales son similares entre sí, ya que presentan menor distancia en el eje de similitud, el cluster que compone el sitio 5 y 6 serían los segundos en tener similitud en sus características y finalmente el cluster que compone el sitio 2 y el cluster que contiene el sitio 1, el nivel de similitud es menor que los anteriores, quedando aisladas del resto.

CAPÍTULO VI
CONCLUSIONES

6.0 CONCLUSIONES

1. Los ejemplares provenientes de los seis sitios de muestreo en la bahía de Jiquilisco, se encontró contenido de Calcio, Zinc, Cobre, Hierro, Magnesio, Potasio, Sodio y Fósforo en la parte comestible de *Anadara tuberculosa* (concha peluda), como también la presencia de metales pesados como Arsénico, Cromo y Plomo.
2. Minerales como Hierro y Sodio fueron encontrados en *Anadara tuberculosa* en altos contenidos, sobrepasando el 100% con respecto al valor de la ingesta diaria recomendada los cual pueden causar daños a la salud de los consumidores de este alimento ya que un exceso puede causar un desequilibrio en la salud, entre aquellos pacientes con niveles elevados en la presión arterial deben evitar consumirlo frecuentemente ya que una mayor ingesta de sodio es un factor de riesgo independiente para el desarrollo de hipertensión
3. La concentración más elevada de Calcio lo presenta el sitio BJ-5 (Canal de desembocadura del Rio Grande de San Miguel) con 1176.01 mg/100g el cual supera el nivel expresada en la tabla de composición de alimentos de Centroamerica (INCAP),
4. Los sitios BJ-2 (desembocadura de Rio San Lucas) y BJ-3 (Estero puerto Ramírez) mostraron valores superiores de contenido de Zinc que los denotados en la tabla de composición de alimentos de Centroamerica (INCAP)
5. Para Magnesio el sitio BJ-1 (Canal puerto Barillas), BJ-2 (Desembocadura de Rio San Lucas) y BJ-4 superan el valor establecido en INCAP

6. Se puede demostrar que la cantidad de minerales en cada sitio no es uniforme, ciertamente cada lugar de muestreo tiene sus propias características o condiciones que los afectan.
7. El contenido de Potasio y Fósforo encontrado en el estudio, todos los sitios se encuentran por debajo de la cantidad expresada en tabla de composición (INCAP), si se consume con el propósito de elevar los niveles de estos minerales no será posible a menos que se consuma una mayor cantidad, teniendo el riesgo de elevar otros minerales no deseados, que pueden causar o agravar alguna patología en las personas.
8. La cantidad de metales pesados encontrados en esta especie de bivalvos no sobrepasan los niveles mínimos que dicta el Codex alimentarius, por otro lado, tener en cuenta que los metales pesados son bioacumulables y una exposición o consumo de este alimento con frecuencia puede llegar a niveles crónicos causando fallas en la salud de las personas.
9. El análisis estadístico para los minerales Zinc, Cobre, Magnesio y Fósforo, mostraron que hay una diferencia estadísticamente significativa en que uno o más sitios de muestreo son diferentes. La homogeneidad de los sitios no existe ya que cada lugar tiene sus propios factores por los que se ven afectados.

CAPITULO VII
RECOMENDACIONES

7.0 RECOMENDACIONES

1. Que se realice análisis bromatológico proximal en esta especie de moluscos, el cual sería de forma complementaria junto a esta investigación, para tener mayores criterios de inclusión en la dieta de los salvadoreños.
2. Hacer análisis microbiológicos, (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella ssp* y *Listeria monocytogenes*) parámetros que exige el Reglamento Técnico Centro Americano (RTCA 67.04.50:08) a moluscos bivalvos, *Anadara tuberculosa* (concha peluda) para monitorear la inocuidad alimenticia de esta especie, ya que es altamente consumido en forma cruda en el país.
3. Difundir por medio de ponencias y publicación de artículos los resultados de esta investigación a la población en general e identidades públicas como el MINSAL, MARN y afines, con el propósito de que las personas conozcan y tengan en cuenta lo que están consumiendo.
4. Incluir en futuras investigaciones parámetros fisicoquímicos indicadores de contaminación con el propósito de reflejar las condiciones en que se encuentran el hábitat de los bivalvos en estudio.
5. En futuros trabajos investigar si esta especie de moluscos bivalvos existe residuo de plaguicidas, considerando actividades como el pastoreo, cultivos y actividad agrícola, por ejemplo en BJ-1 (Canal puerto Barillas) y BJ-3 (Estero puerto Ramírez), zonas de muestreo donde ya se conoce este tipo de actividades.

6. A investigadores monitorear minerales y metales pesados en diferentes épocas del año, época seca y época lluviosa, en el sedimento y donde crece la especie de manglar, si estas absorben y acumulan los metales, y medir si las corrientes de aguas que desembocan en los esteros tienen una influencia significativa.
7. Monitorear agua y sedimento del lugar de hábitat de *Anadara tuberculosa* ya que son vías de entrada de minerales y metales pesados en los sistemas acuáticos, por lo cual existiría la posibilidad de influenciar la bioacumulación en esta especie.
8. Utilizar como bioindicadores de contaminación a esta especie de moluscos bivalvos, ya que por naturaleza son organismos filtradores en los cuales se adhiere a la parte blanda elementos orgánicos e inorgánicos.
9. Debido al contenido de minerales encontrados, regular el consumo de *Anadara tuberculosa*, porque puede producir riesgos a la salud.

BIBLIOGRAFÍA

1. Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), (2002). El estudio sobre el desarrollo de la pesca artesanal en El Salvador, El Salvador. [Online] Disponible en: http://open_jicareport.jica.go.jp/pdf/11696184_01.pdf [2017, 31 marzo].
2. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2015). División de Toxicología y Medicina Ambiental, Metales. [Online]. Disponible en: <https://www.atsdr.cdc.gov/> [2017, 8 abril].
3. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2017). División de Toxicología y Medicina Ambiental, Metales. [Online]. Disponible en: <https://www.atsdr.cdc.gov/> [2018, 25 agosto].
4. Análisis de varianza no paramétricos, cap. VII, Metodos Estadísticos (2010) páginas 1330-1340
5. AOAC (Association of Official Analytical Chemistry). 1970. Official Analytical Chemists- 11th Ed. Washington DC. Published By The Association of Official Chemists.
6. Asturnatura (2004-2017). Moluscos. Bivalvos. [Online]. Disponible en: <https://www.asturnatura.com/moluscos/bivalvos.html> [2017, 31 marzo].

7. Barraza, J. E. (2006). Identificación de moluscos marinos comestibles en El Salvador. [Online] MARN. Disponible en http://ip190-5-148-229.intercom.com.sv/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=157&id=25 [2017, 23 de marzo].
8. Begoña, M., Oleagoitia, Z., Aurrekoetxea, J., Ibarluzea, J. (2008). Metales pesados (pb, cd, cr y hg) en población general adulta próxima a una planta de tratamiento de residuos urbanos de bizkaia. *Revista Española Salud Publica*, 82(5), 12 Pp.
9. Borda, Carlos A., Cruz Raúl, (2004). Pesca artesanal de bivalvos (*Anadara tuberculosa* y *A. similis*) y su relación con eventos ambientales. *Pacífico Colombiano. Rev. Invest. Mar.* 25(3):197-208. Colombia. [Online]. Disponible en: <http://www.bio-nica.info/biblioteca/Borda2004.pdf>
10. Cáceres Martínez, J., R. Vásquez Yeomans. (2014). Manual de buenas prácticas para el cultivo de moluscos bivalvos. OIRSA-OSPESCA 1ª edición pp.117[Online].Disponible en: http://www.isamx.org/sitio/pdfs/Manual%20de_BPde_M_Version%20Digital_011014155613.pdf
11. Catálogo de mapas de zonas críticas prioritarias en humedales Ramsar de El Salvador, plan nacional de mejoramiento de humedales en El Salvador, San Salvador 2012.
12. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Mazatlán en Acuicultura y Manejo Ambiental. (2003). Manual de Buenas Prácticas de

Producción Acuícola de Moluscos Bivalvos para la Inocuidad Alimentaria. México, [Online]. Disponible en: http://www.cesasin.com.mx/Manual_B_P_P_Moluscos.pdf [2017, 25 marzo]

13. Codex Alimentarius. (2002). Codex Committé on Fish and Fishery Products. Code of Practice for fish and Fishery Products. Draft Sections. FAO/WHO: Food Standard Programe.
14. Constantinoa, C. A., Ivarez, M. A. (2004). A multivariate analysis of the accumulation and fractionation of major and trace elements in agricultural soils in Hidalgo State, Mexico irrigated with raw wastewater. Mexico.
15. Cuadra Zelaya, CD; Romero García, DA. (2006). Aplicación de biomonitores para evaluar la contaminación por metales pesados en el Lago Suchitlán. Tesis para optar al grado de ingeniero en alimentos. San Salvador, El Salvador. UES. 176 P
16. Durán., Santiago, C.J. (1990). El mejillón, biología, cultivo y comercialización. Fundación Caixa Galicia. La Coruña, España. 183 pp.
17. Farías, A. (2008). Nutrición y alimentación en moluscos bivalvos. [Online]. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i0444s/i0444s25.pdf> [2017, 23 marzo].

18. Ficha Ramsar Bahía Jiquilisco (2004). Ficha informativa de los humedales de Ramsar. [Online]. Disponible en: <http://www.marn.gob.sv/descarga/complejo-bahia-de-jiquilisco/?wpdmdl=16314>
19. Gener, Rodolfo Lazarich. (2009, octubre). Estudio de mercado de la concha negra (*Anadara similis* y *Anadara tuberculosa*) en Nicaragua. Repositorio Institucional Universidad Centroamericana Nicaragua. [Online] Disponible en: http://repositorio.uca.edu.ni/2702/1/2009_estudio_mercado_fina_de_mouscos.pdf [2017, 23 de marzo].
20. Instituto del Mar del Perú. IMARPE. (2010). Concha Negra. [Online]. Disponible en: http://www.imarpe.gob.pe/tumbes/especies_comerciales/invertebrados/concha_negra.pdf [2017, 31 marzo]
21. L.K. Mahan, S. escott, Janice I. Raymond, (2012) KRAUSE DIETOTERAPIA (13ª ED.)
22. Lenntech (2017). Propiedades de elementos de la tabla periódica. [Online]. Disponible en: <http://www.lenntech.es/periodica/elements/> [2017, 9 abril]
23. Lenntech(2017). Propiedades de elementos de la tabla periódica. [Online]. Disponible en: <http://www.lenntech.es/periodica/elemento/> [2017, 24 febrero]
24. Mackenzie, C. L. 2001. The Fisheries for Mangrove Cockles, *Anadara* spp., from México to Perú, With Descriptions of Their Habitats and Biology, the Fishermen's Lives, and the Effects of Shrimp Farming. 39 pp.Mexico.

25. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). Guía técnica, Pesca costera en El Salvador. [Online] Disponible en: [http://lotus.mag.gob.sv/intranet/document.nsf/0/791827C8F2DD67E1062579AA0057F374/\\$file/file_1169.pdf](http://lotus.mag.gob.sv/intranet/document.nsf/0/791827C8F2DD67E1062579AA0057F374/$file/file_1169.pdf) [2017, 1 abril].
26. Mapa, coordenadas GPS e imagen de satélite de Bahía de Jiquilisco en Usulután, 2017. [Online]. Disponible en: <http://mapasamerica.dices.net/elsalvador/mapa.php?id=5354>
27. Mapa, coordenadas GPS e imagen de satélite de Bahía de Jiquilisco en Usulután, 2018. [Online]. Disponible en: <http://mapasamerica.dices.net/elsalvador/mapa.php?id=5355>
28. MARN, (2004). Plan de manejo del área natural y humedal bahía de Jiquilisco. San Salvador, El Salvador UCA Editores, 2004. 258 p.
29. Medicina 21, (2016, 25 julio). Vitaminas y Minerales. 2- Minerales. [Online] Disponible en: https://www.medicina21.com/Articulos-V8-Vitaminas_y_Minerales_2-_Minerales.html
30. Menchú, MT; Méndez, H. (2012). Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica. /INCAP/. (2º edición). Guatemala: Serviprensa, SA.
31. Métodos no paramétricos para análisis químico, cap VIII, Métodos Estadísticos para la ciencia (2013) paginas 8-17

32. Mijail, Antonio. (2002, octubre). Norma técnica para regular la extracción y aprovechamiento sostenible de la concha negra en el Pacífico de Nicaragua. Managua, Nicaragua. [Online]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/98102343/Estudio-Norma-Extraccion-Concha-Negra-Pacifico>
33. National Institutes of Health, (2016, 17 febrero) Strengthening Knowledge and Understanding of Dietary Supplements. [Online]. Disponible en: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/list-all/> [2017, 14 abril]
34. National Institutes of Health, (2017, 17 febrero) Strengthening Knowledge and Understanding of Dietary Supplements. [Online]. Disponible en: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/list-all/> [2017, 20 agosto]
35. Naturaleza asombrosa, maravillas naturales. (18 de enero de 2011). La asombrosa Anatomía de un molusco. [Online]. Disponible en: <http://asombroso-e-inaudito.blogspot.com/2011/01/la-asombrosa-anatomia-de-un-molusco.html> [2017, 31 marzo]
36. NCH (Novartis Consumer Health). Anexo 5, Edición 2001. Tablas de recomendaciones nutricionales
37. Oregon State University. (2016, 12 marzo). Linus Pauling Institute, Micronutrient Information Center. [Online]. Disponible: <http://lpi.oregonstate.edu/es/mic/minerales>

38. Oregon State University. (2017, 12 marzo). Linus Pauling Institute, Micronutrient Information Center. [Online]. Disponible: <http://lpi.oregonstate.edu/es/mic/minerales>
39. Prieto, J., González, C., Román, A., & Prieto, F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1), 29-44 pp
40. Rendón, M., Suárez E., Mejía MT. (2004). Manejo sustentable y comercialización de concha prieta en cautiverio en puerto el morro (provincia del Guayas), para su exportación hacia España. Facultad de Ciencias Humanísticas y Económicas, Ecuador. [Online]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/1426/1/2789.pdf>
41. Sabordaria (2009). Mariscos: Biología de los moluscos. [Online]. España, Disponible en: <http://www.sabordaria.com/blog/mariscos-biologia-moluscos> [2017, 31 marzo].
42. US National Library of Medicine (2017, 25 enero). [Online]. Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/> [2017,25 febrero].
43. US National Library of Medicine (2017, 25 enero). MedlinePlus. [Online]. Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/> [2017, 9 abril].
44. Ut Metales pesados y arsénico. Sanidad Alimentaria. [Online]. Disponible en: http://www.osakidetza.euskadi.eus/r8520339/es/contenidos/informacion/sanidad_alimentaria/es_1247/adjuntos/vigila9508.pdf

ANEXOS

ANEXO N° 1

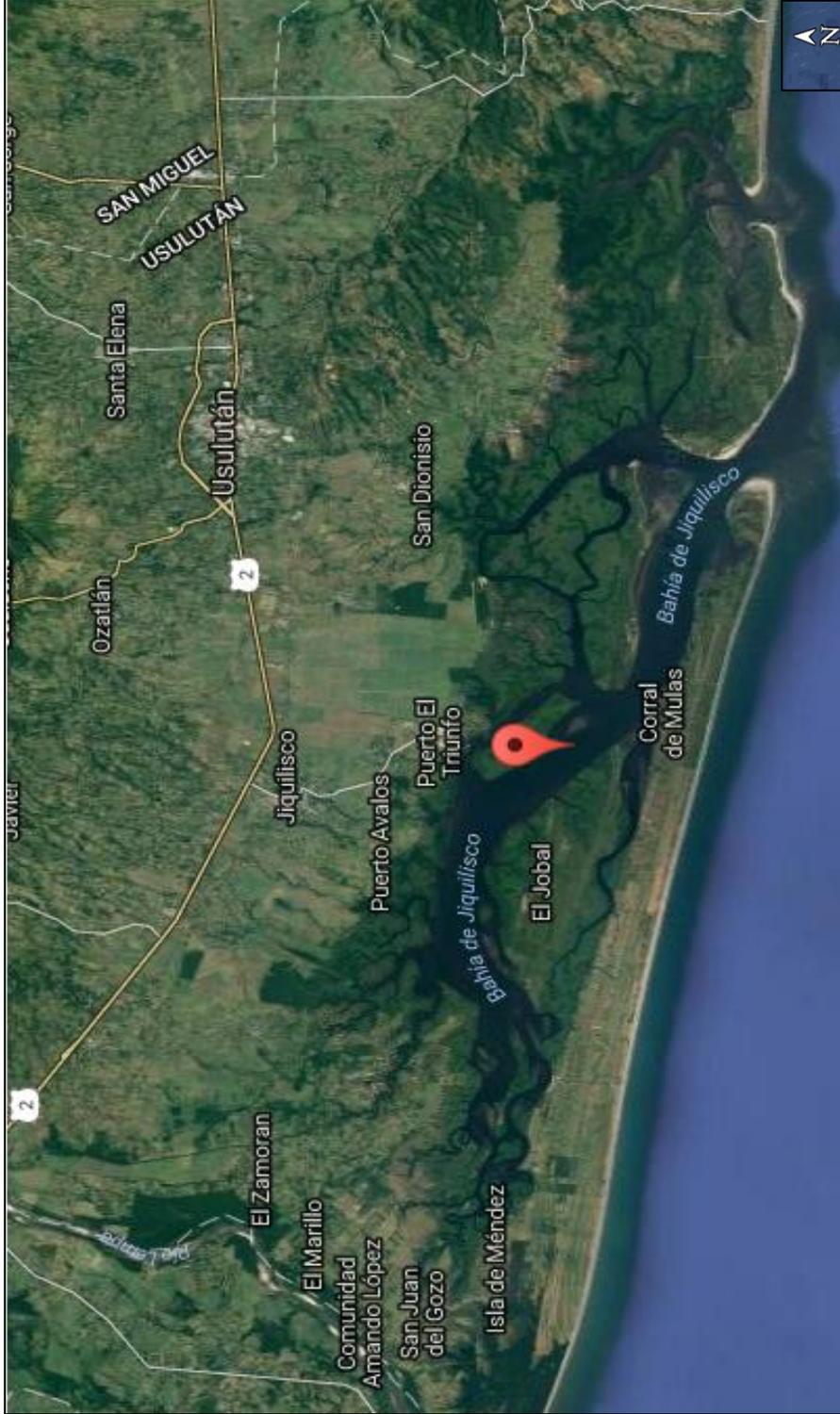


Figura N° 48. Ubicación Geográfica del Sitio de Muestreo, Bahía de Jiquilisco, departamento de Usulután, El Salvador

ANEXO Nº 2



Figura Nº 49. Reunión con Autoridades del MARN, en Bahía de Jiquilisco.

ANEXO Nº 3
PARTE EXPERIMENTAL

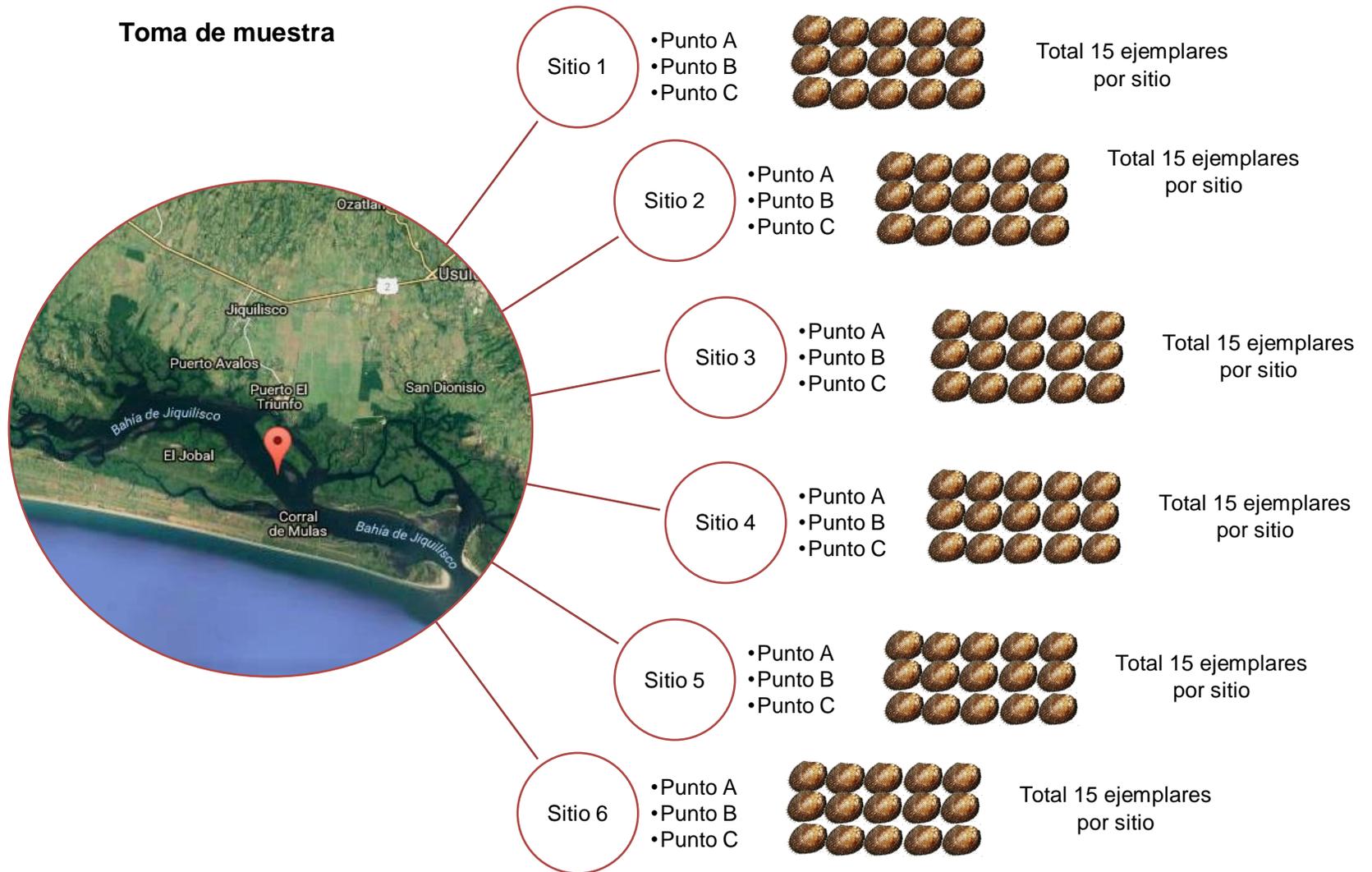


Figura N° 50. Esquema de toma de muestra de *Anadara tuberculosa* en los seis sitios de muestreo.



Figura N° 51. Tripulantes en punto de abordaje, Puerto Parada.



Figura N° 52. Colocación de guante de protección para realizar la faena.



Figura N° 53. Talla de ejemplares de *Anadara tuberculosa*.



Figura N° 54. Identificación de bolsas de cierre hermético, para la recolección de *Anadara tuberculosa*.



Figura N° 55. Transporte de muestras de *Anadara tuberculosa*.



Figura N° 56. Eliminación de remanentes.



Figura N° 57. Abertura de conchas.



Figura N° 58. Determinación de humedad total de muestras de *Anadara tuberculosa* en estufa.



Figura N° 59. Secado y pulverizado de *Anadara tuberculosa*.

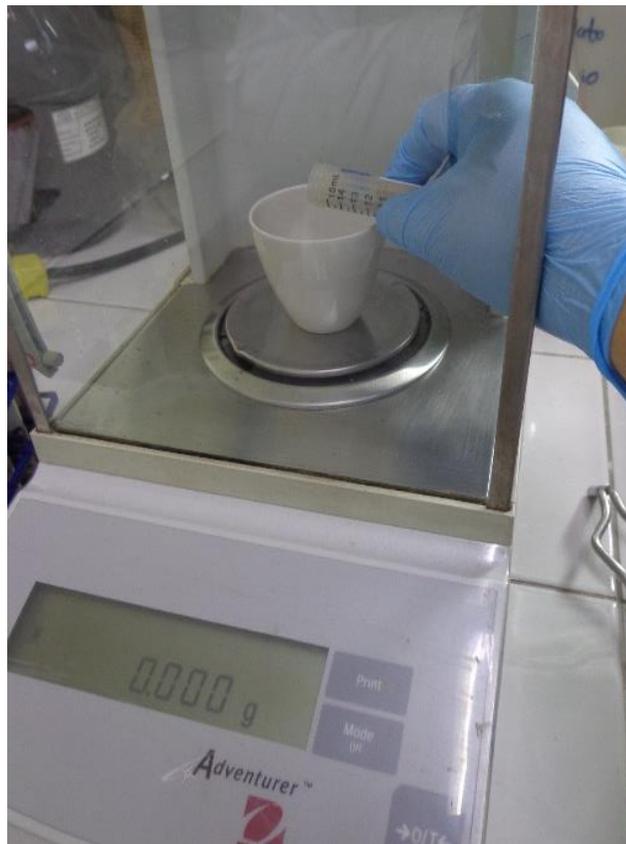


Figura N° 60. Peso de muestras pulverizadas



Figura N° 61. Calcinación de muestras en horno mufla



Figura N° 62. Filtración de solución de cenizas

Preparación de la muestra

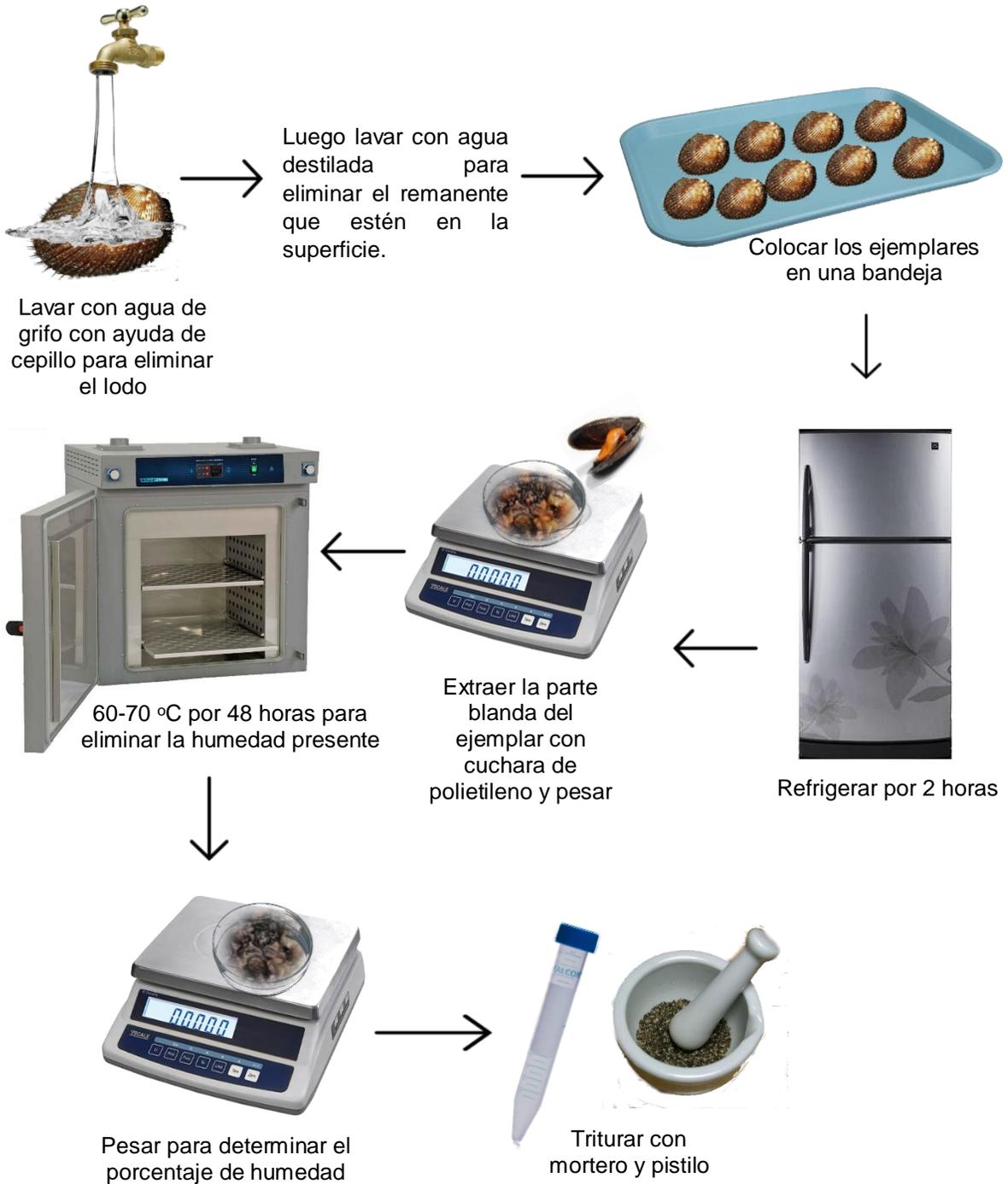


Figura N° 63. Esquema de preparación de muestra

Tratamiento de muestra

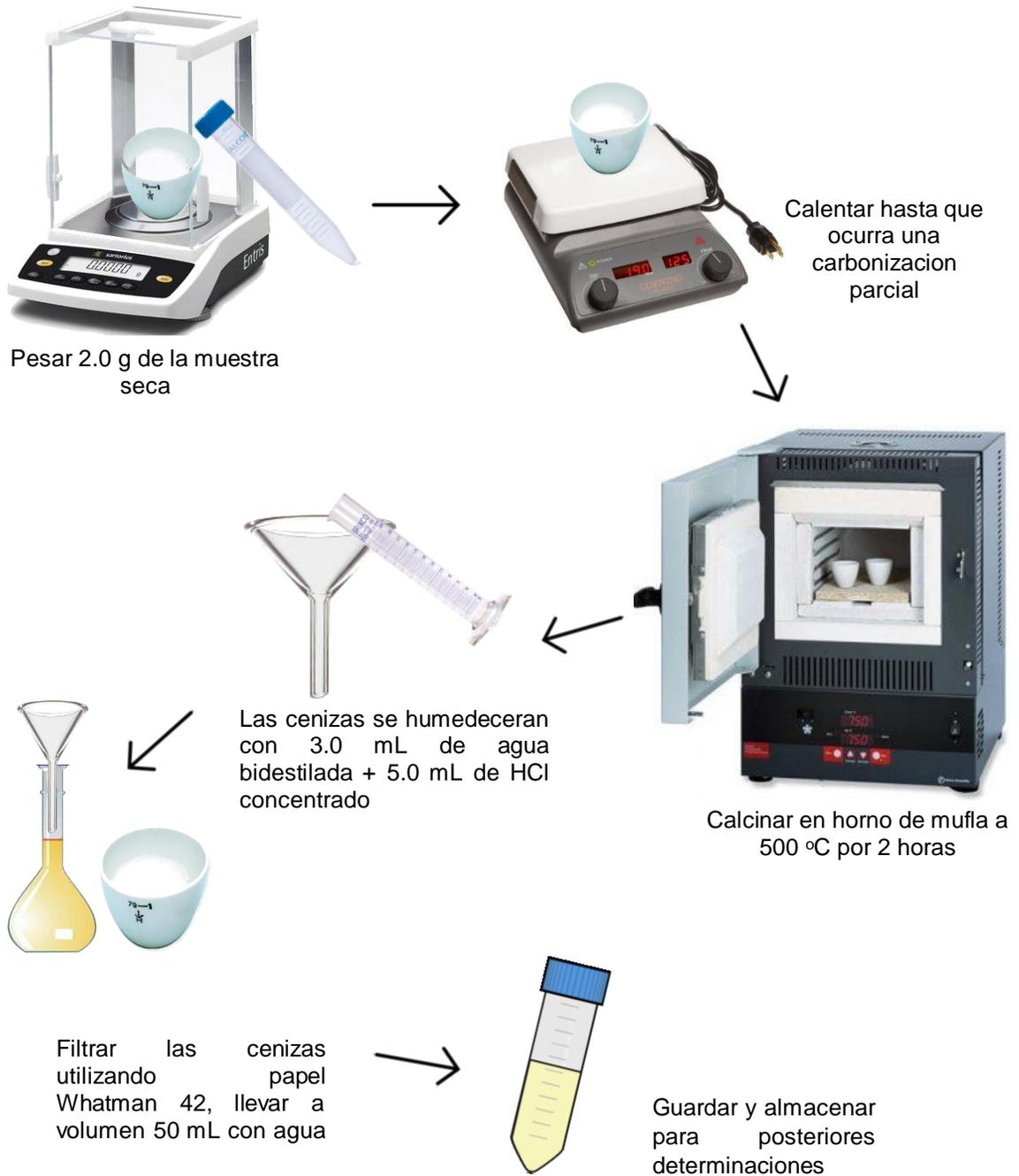


Figura N° 64. Esquema de Preparación de solución de cenizas para la determinación de minerales y metales

ANEXO N.º 4
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MINERALES Y METALES

Determinación de Calcio

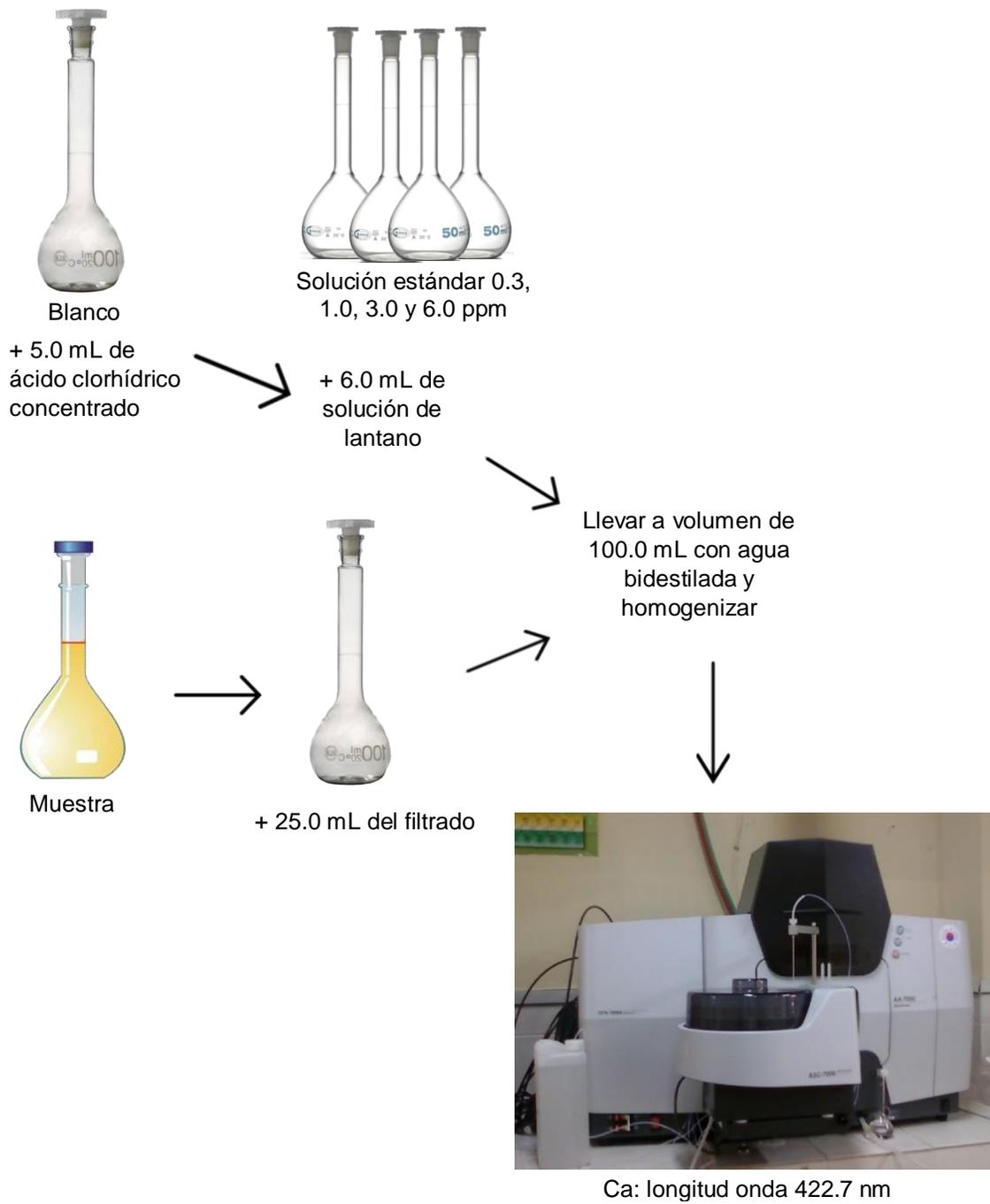


Figura N° 65. Esquema para la determinación de Calcio

Determinación de Zinc

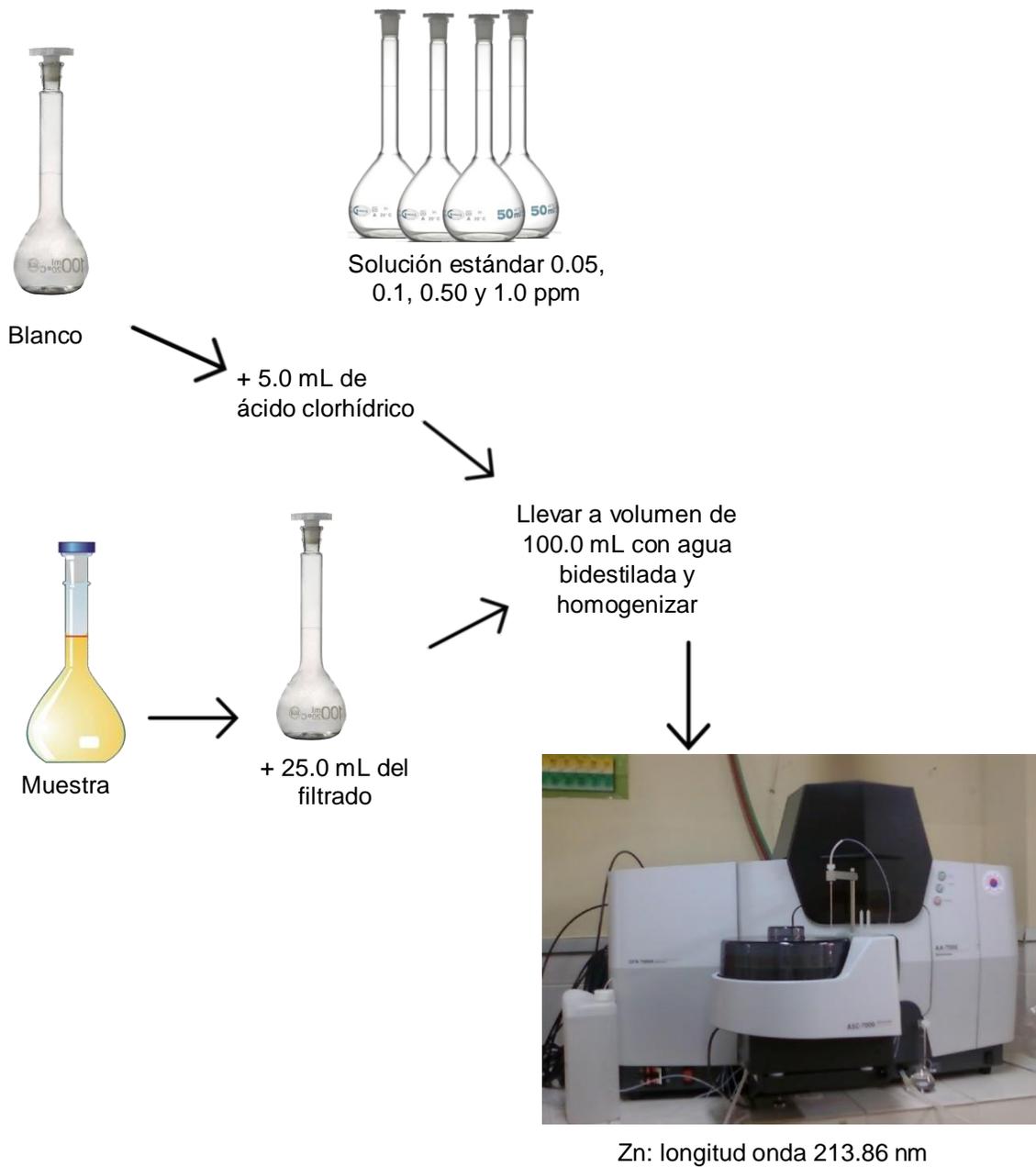


Figura N° 66. Esquema para la determinación de Zinc

Determinación de Cobre

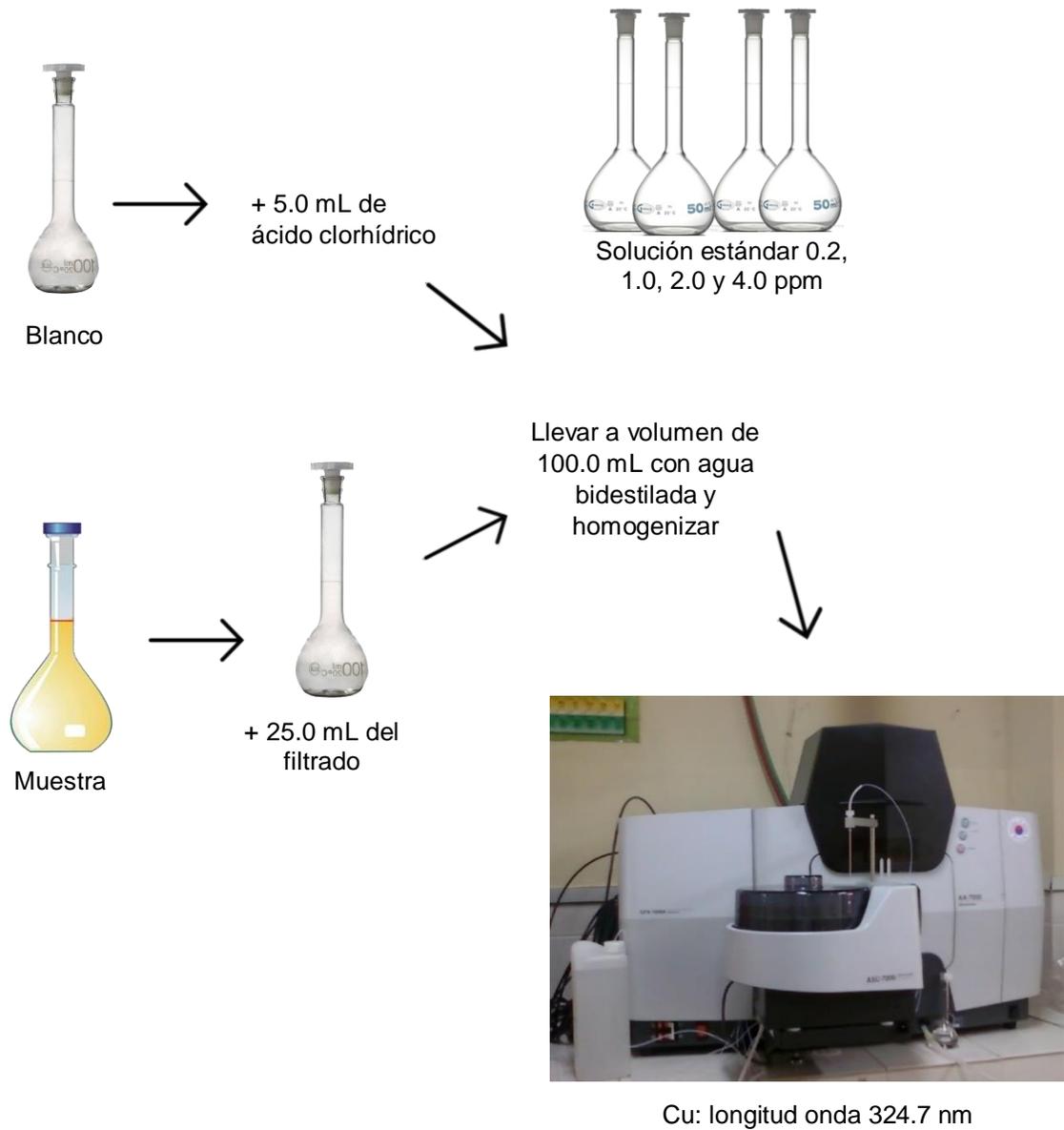


Figura N° 67. Esquema para la determinación de Cobre

Determinación de Hierro

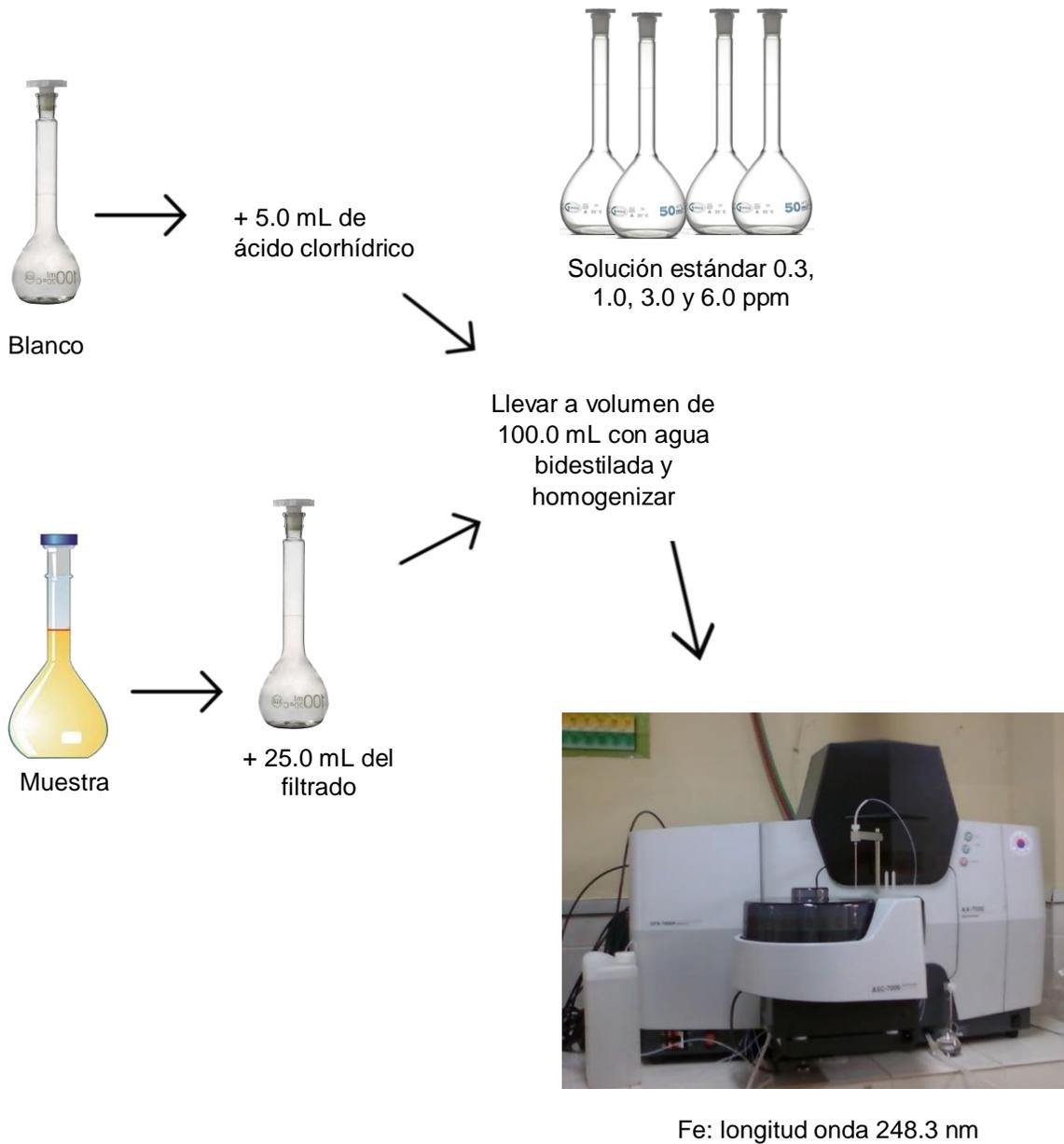


Figura N.º 68. Esquema para la determinación de Hierro.

Determinación de Magnesio

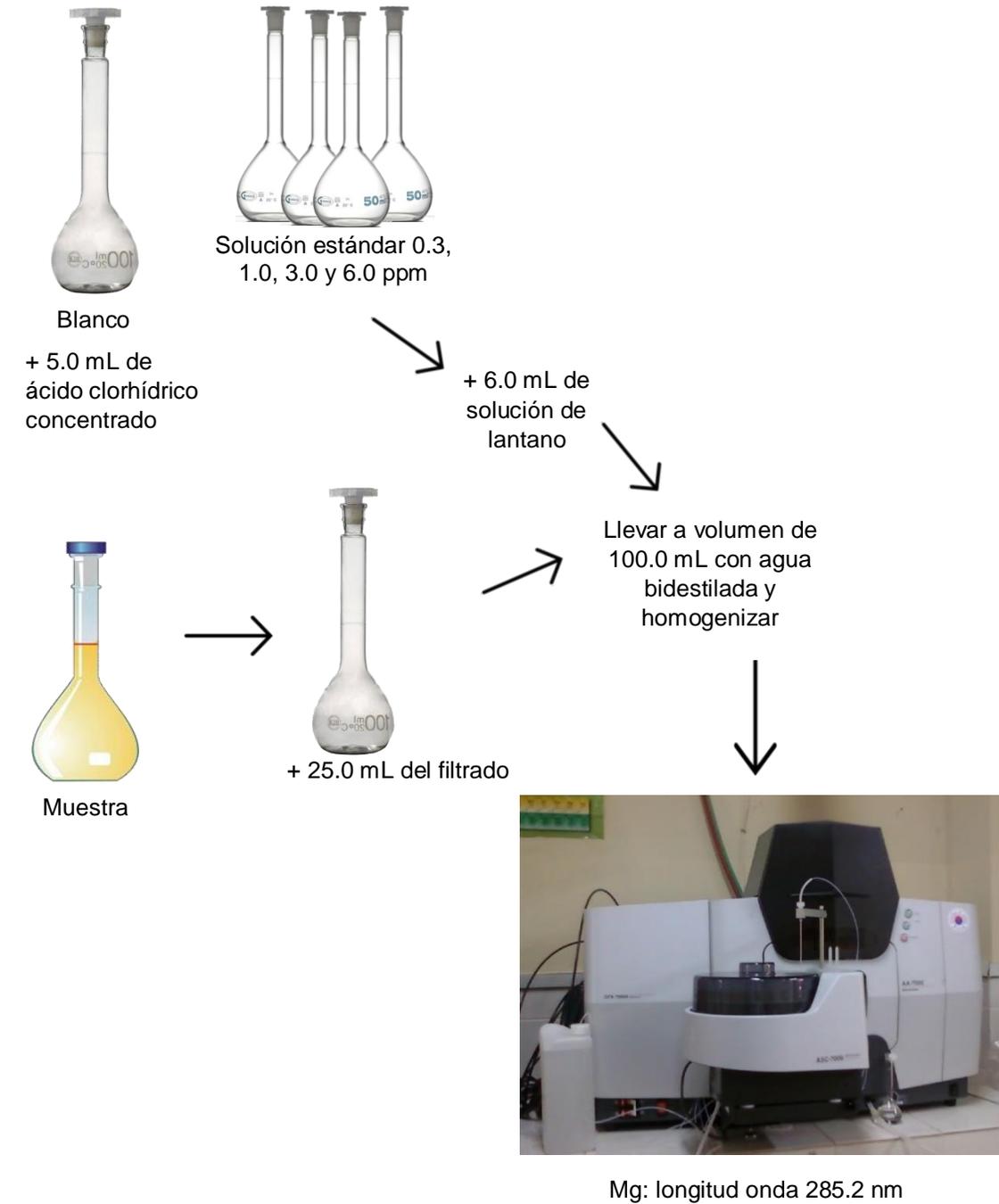


Figura N° 69. Esquema para la determinación de Magnesio

Determinación de Potasio

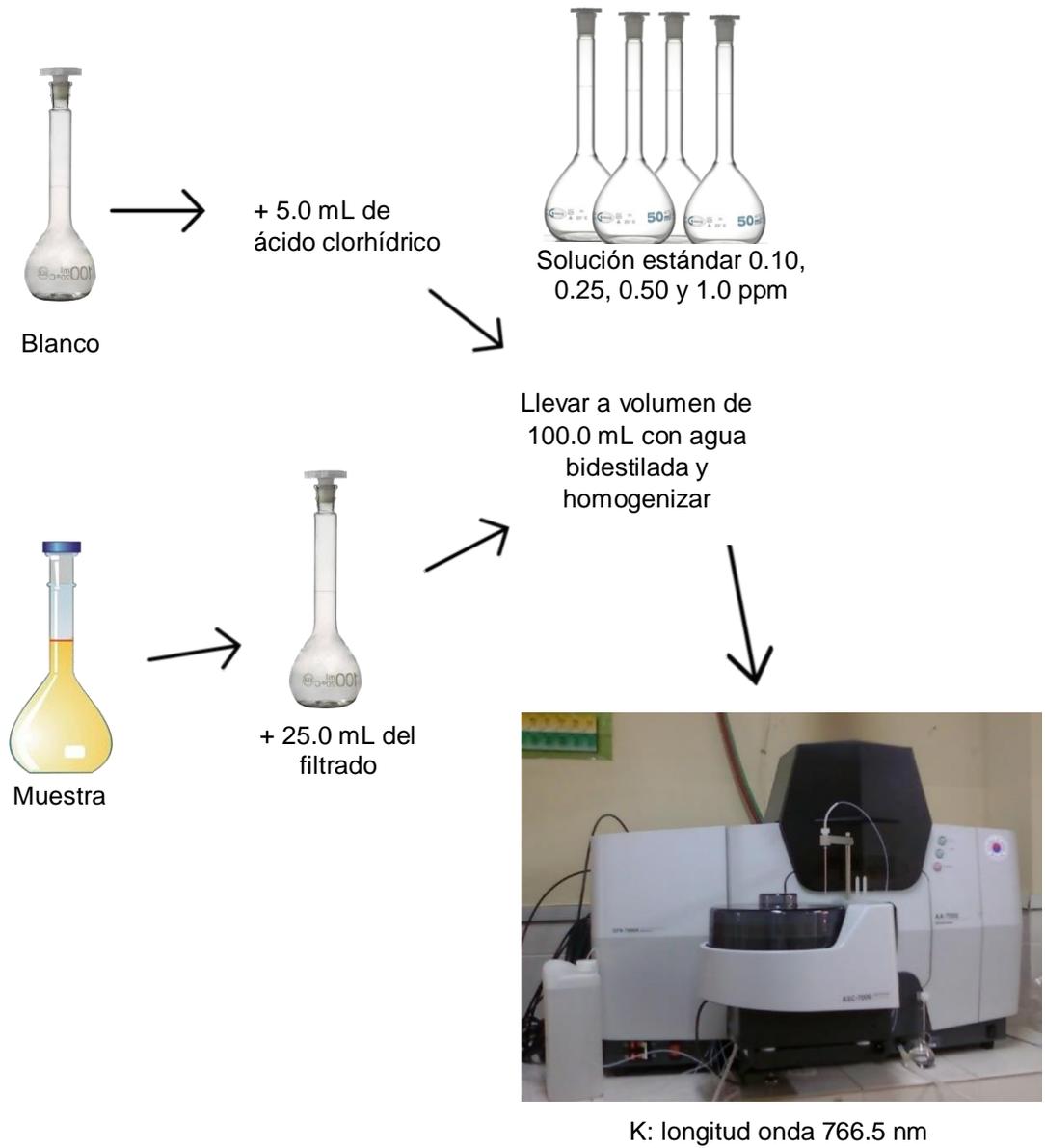


Figura N° 70. Esquema para la determinación de Potasio

Determinación de Sodio

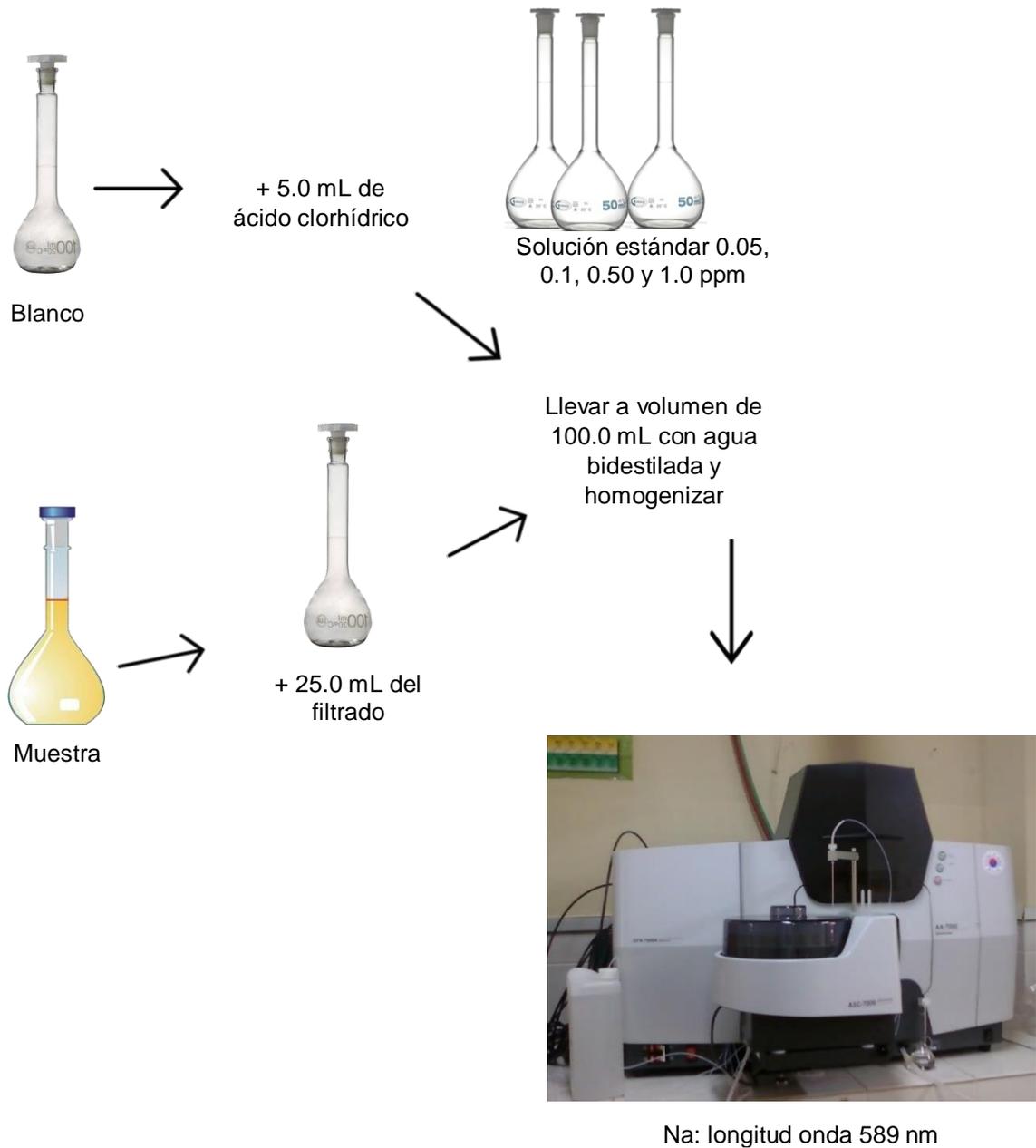


Figura N° 71. Esquema para la determinación de Sodio.

Determinación de Fósforo

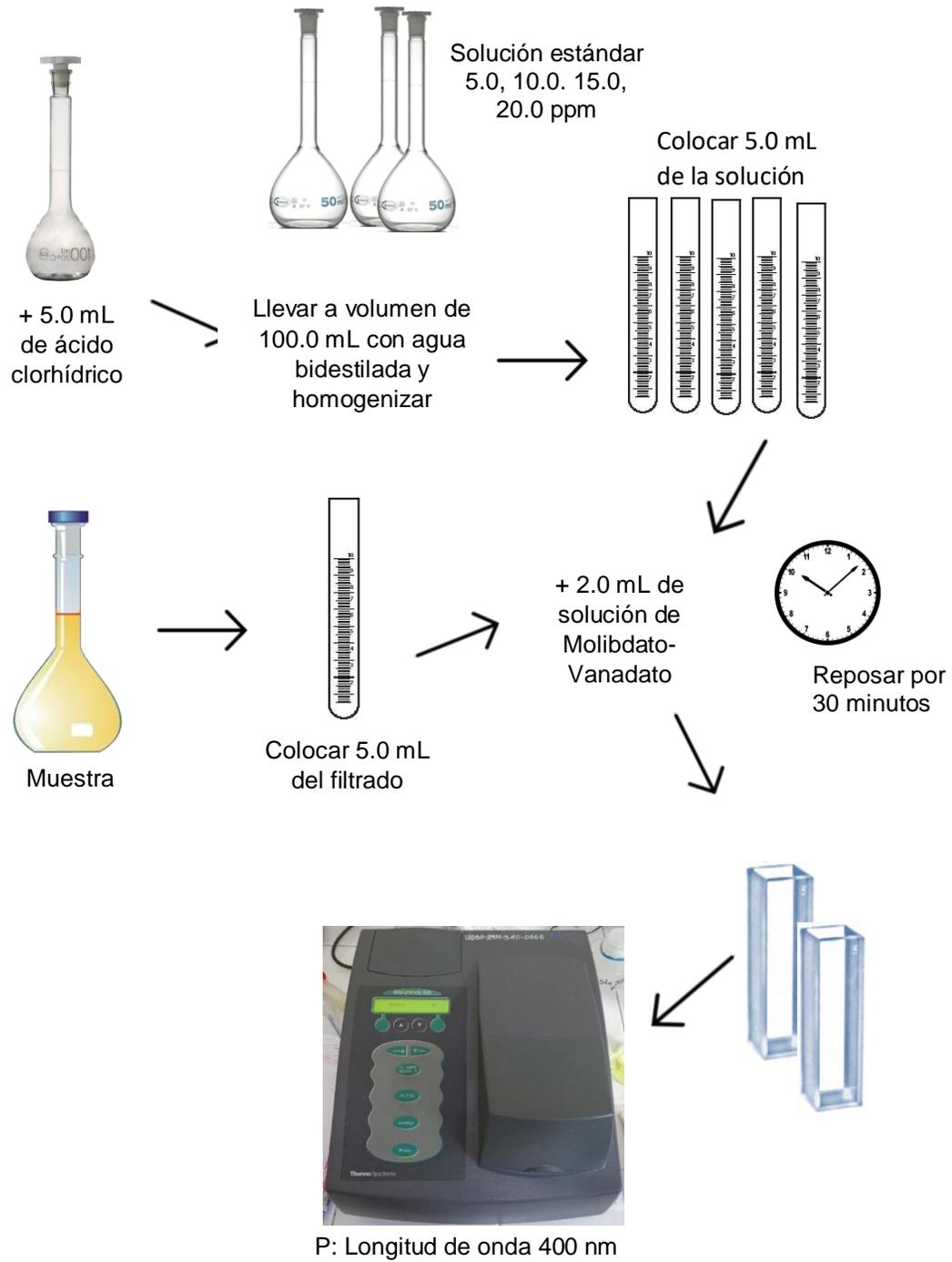
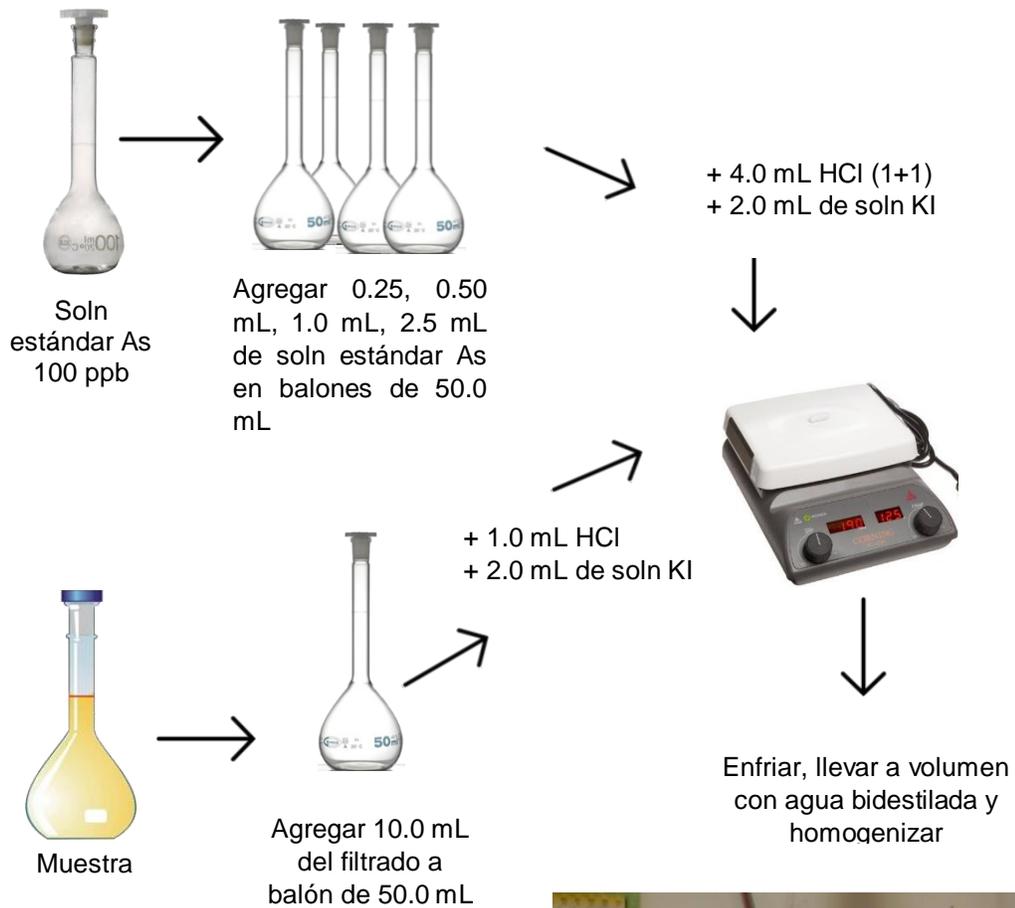


Figura N° 72. Esquema para la determinación de Fósforo.

Determinación de Arsénico



As: longitud de onda 193.7 nm

Figura N° 73. Esquema para la determinación de Arsénico

Determinación de Cromo

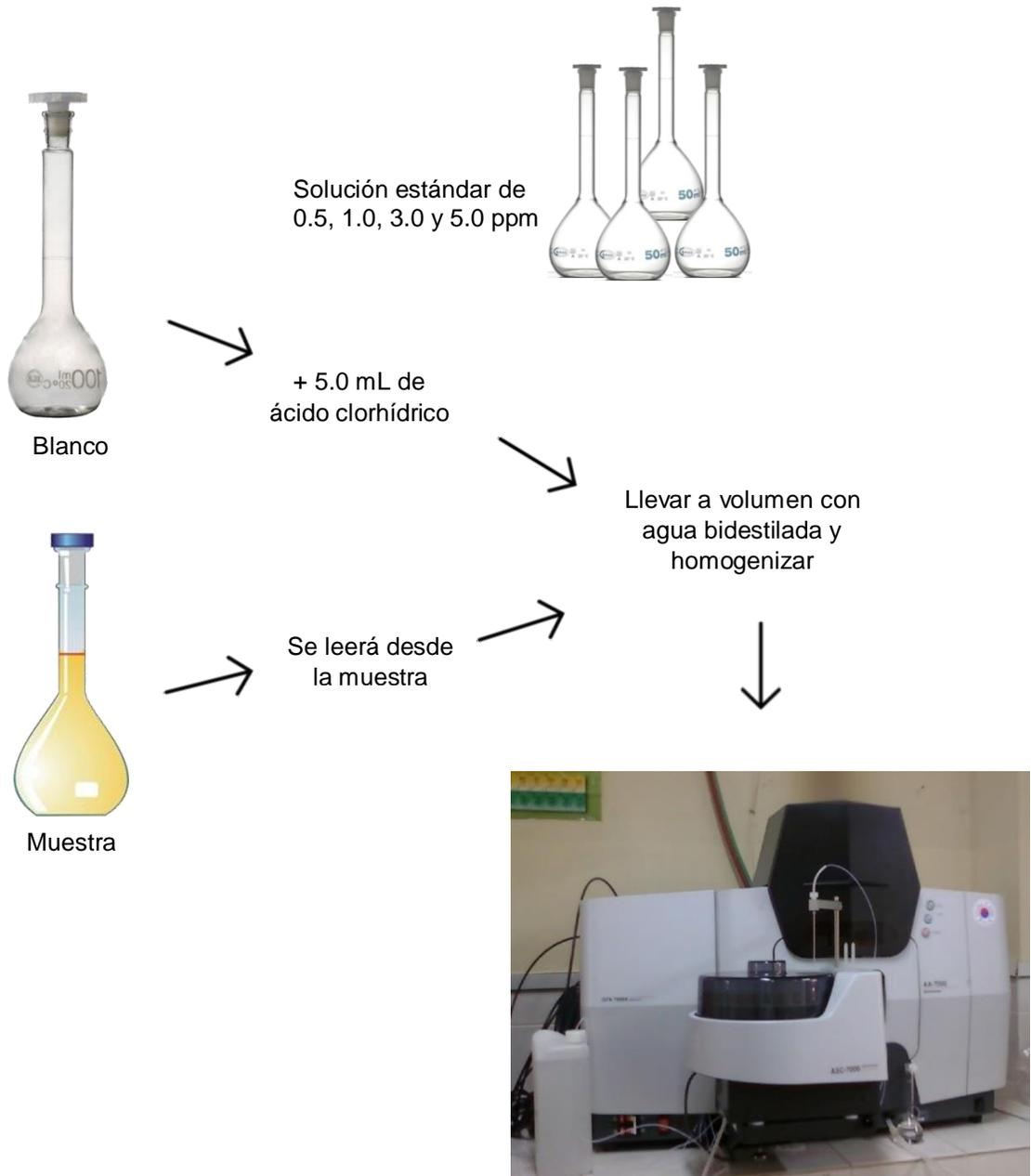
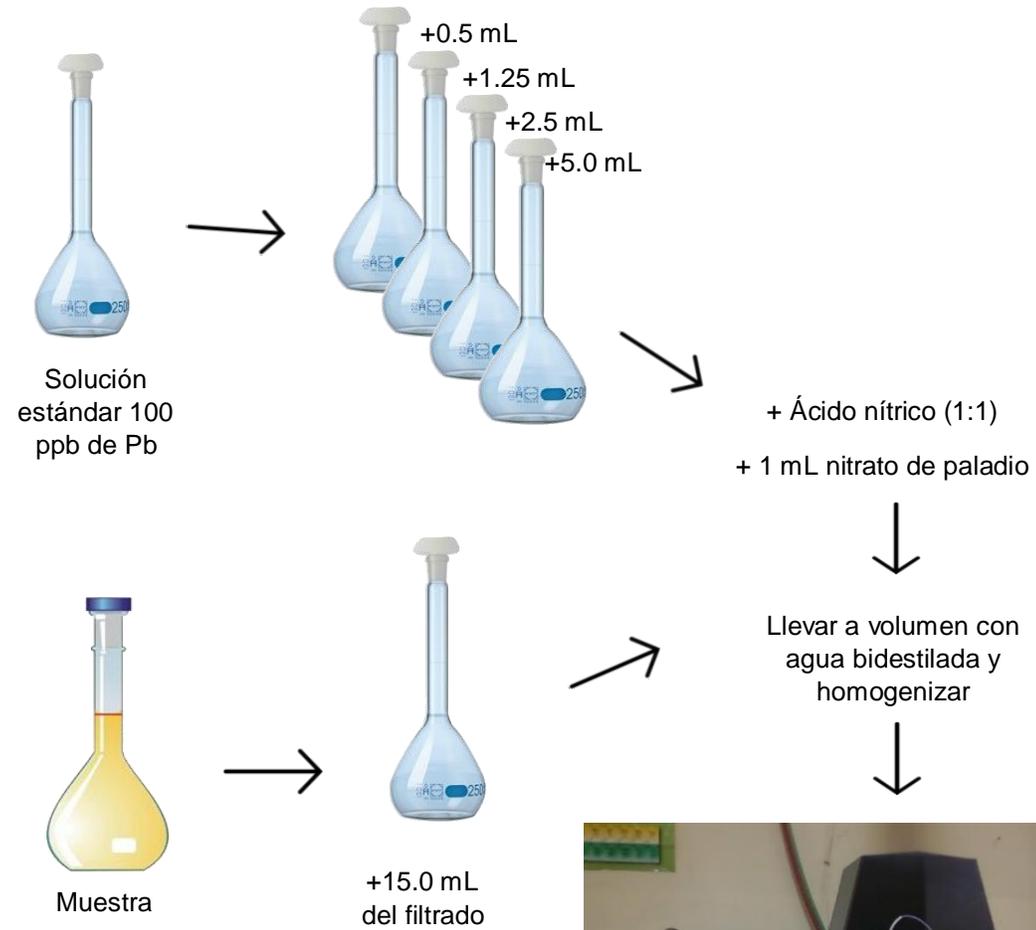


Figura N° 74. Esquema para la determinación Cromo.

Determinación de Plomo



Pb: longitud de onda 283.3 nm

Figura N° 75. Esquema para la determinación Plomo

ANEXO Nº 5
CÁLCULOS PARA LA PREPARACIÓN DE LAS CURVAS ESTÁNDAR
(MINERALES Y METALES PESADOS)

A. Calcio

- Preparación de solución stock de calcio 20 ppm

A partir de la solución de 1000 ppm de Ca, se realizará 100.0 mL de una solución stock de 20 ppm. Utilizando la siguiente ecuación.

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

$$V_1 = \frac{(20 \text{ ppm})(100.0 \text{ mL})}{(1000 \text{ ppm})} = 2.0 \text{ mL}$$

- Preparación de curva de estándares

Para preparar cada estándar se usará la solución de trabajo de 20 ppm de Ca de la siguiente manera:

- Preparación de estándar de 0.3 ppm de Ca:

$$V_1 = \frac{(0.3 \text{ ppm})(50.0 \text{ mL})}{(20 \text{ ppm})} = 0.75 \text{ mL}$$

- Preparación de estándar de 1.0 ppm de Ca:

$$V_1 = \frac{(1.0 \text{ ppm})(50.0 \text{ mL})}{(20 \text{ ppm})} = 2.50 \text{ mL}$$

- Preparación de estándar de 3.0 ppm de Ca:

$$V_1 = \frac{(3.0 \text{ ppm})(50.0 \text{ mL})}{(20 \text{ ppm})} = 7.50 \text{ mL}$$

- Preparación de estándar de 6.0 ppm de Ca:

$$V_1 = \frac{(6.0 \text{ ppm})(50.0 \text{ mL})}{(20 \text{ ppm})} = 15.0 \text{ mL}$$

B. Zinc

- Preparación de solución stock de zinc 20.0 ppm

A partir de la solución de 1000 ppm de Zn se realizará 100.0 mL de una solución stock de 20 ppm. Utilizando la siguiente ecuación.

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

$$V_1 = \frac{(20 \text{ ppm})(100.0 \text{ mL})}{(1000 \text{ ppm})} = 2.0 \text{ mL}$$

- **Preparación de curva de estándares**

Para preparar cada estándar se usará la solución de trabajo de 20 ppm de Zn de la siguiente manera:

- Preparación de estándar de 0.05 ppm de Zn:

$$V_1 = \frac{(0.05 \text{ ppm})(100.0 \text{ mL})}{(20 \text{ ppm})} = 0.25 \text{ mL}$$

- Preparación de estándar de 0.1 ppm de Zn:

$$V_1 = \frac{(0.1 \text{ ppm})(100.0 \text{ mL})}{(20 \text{ ppm})} = 0.5 \text{ mL}$$

- Preparación de estándar de 0.5 ppm de Zn:

$$V_1 = \frac{(0.5 \text{ ppm})(100.0 \text{ mL})}{(20 \text{ ppm})} = 2.5 \text{ mL}$$

- Preparación de estándar de 1.0 ppm de Zn:

$$V_1 = \frac{(1.0 \text{ ppm})(100.0 \text{ mL})}{(20 \text{ ppm})} = 5.0 \text{ mL}$$

C. Cobre

- Preparación de solución stock de cobre 20 ppm

A partir de la solución de 1000 ppm de Cu, se realizará 250.0 mL de una solución stock de 20.0 ppm. Utilizando la siguiente ecuación.

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

$$V_1 = \frac{(20 \text{ ppm})(250.0 \text{ mL})}{(1000 \text{ ppm})} = 5.0 \text{ mL}$$

- Preparación de curva de estándares de cobre

Para preparar cada estándar se usará la solución madre de 20 ppm de la siguiente manera:

- Preparación de estándar de 0.2 ppm de Cu:

$$V_1 = \frac{(0.2 \text{ ppm})(100.0 \text{ mL})}{(20 \text{ ppm})} = 1.0 \text{ mL}$$

- Preparación de estándar de 1.0 ppm de Cu:

$$V_1 = \frac{(1.0 \text{ ppm})(100.0 \text{ mL})}{(20 \text{ ppm})} = 5.0 \text{ mL}$$

- Preparación de estándar de 2.0 ppm de Cu:

$$V_1 = \frac{(2.0 \text{ ppm})(100.0 \text{ mL})}{(20 \text{ ppm})} = 10.0 \text{ mL}$$

- Preparación de estándar de 4.0 ppm de Cu:

$$V_1 = \frac{(4.0 \text{ ppm})(100.0 \text{ mL})}{(20 \text{ ppm})} = 20.0 \text{ mL}$$

D. Hierro

- Preparación de solución stock de Hierro 20 ppm

A partir de la solución de 1000 ppm de Fe, se realizará 100.0 mL de una solución stock de 20 ppm. Utilizando la siguiente ecuación.

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

$$V_1 = \frac{(20 \text{ ppm})(100.0 \text{ mL})}{(1000 \text{ ppm})} = 2.0 \text{ mL}$$

- Preparación de curva de estándares

Para preparar cada estándar se usará la solución de trabajo de 20 ppm de Fe. de la siguiente manera:

- Preparación de estándar de 0.3 ppm de Fe:

$$V_1 = \frac{(0.3 \text{ ppm})(50.0 \text{ mL})}{(20 \text{ ppm})} = 0.75 \text{ mL}$$

- Preparación de estándar de 2.0 ppm de Fe:

$$V_1 = \frac{(1.0 \text{ ppm})(50.0 \text{ mL})}{(20 \text{ ppm})} = 2.5 \text{ mL}$$

- Preparación de estándar de 3.0 ppm de Fe:

$$V_1 = \frac{(3.0 \text{ ppm})(50.0 \text{ mL})}{(20 \text{ ppm})} = 7.5 \text{ mL}$$

- Preparación de estándar de 6.0 ppm de Fe:

$$V_1 = \frac{(6.0 \text{ ppm})(50.0 \text{ mL})}{(20 \text{ ppm})} = 15.0 \text{ mL}$$

E. Magnesio

- Preparación de solución stock de Magnesio 20 ppm

A partir de la solución de 1000 ppm de mg, se realizará 100.0mL de una solución stock de 20 ppm. Utilizando la siguiente ecuación.

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

$$V_1 = \frac{(20 \text{ ppm})(100.0 \text{ mL})}{(1000 \text{ ppm})} = 2.0 \text{ mL}$$

- Preparación de curva de estándares

Para preparar cada estándar se usará la solución de trabajo de 20 ppm de Mg. de la siguiente manera:

- Preparación de estándar de 0.1 ppm de Mg:

$$V_1 = \frac{(0.1 \text{ ppm})(100.0 \text{ mL})}{(20 \text{ ppm})} = 0.5 \text{ mL}$$

- Preparación de estándar de 0.25 ppm de Mg:

$$V_1 = \frac{(0.25 \text{ ppm})(100.0 \text{ mL})}{(20 \text{ ppm})} = 1.25 \text{ mL}$$

- Preparación de estándar de 0.50 ppm de Mg:

$$V_1 = \frac{(0.5 \text{ ppm})(100.0 \text{ mL})}{(20 \text{ ppm})} = 2.5 \text{ mL}$$

- Preparación de estándar de 1.0 ppm de Mg:

$$V_1 = \frac{(1.0 \text{ ppm})(100.0 \text{ mL})}{(20 \text{ ppm})} = 5.0 \text{ mL}$$

F. Potasio

- Preparación de solución stock de Potasio 20 ppm

A partir de la solución de 1000 ppm de K se realizará 100.0 mL de una solución stock de 20 ppm. Utilizando la siguiente ecuación.

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

$$V_1 = \frac{(20.0 \text{ ppm})(100.0 \text{ mL})}{(1000 \text{ ppm})} = 2.0 \text{ mL}$$

- Preparación de curva de estándares

Para preparar cada estándar se usará la solución de trabajo de 20 ppm de K de la siguiente manera:

- Preparación de estándar de 0.1 ppm de K:

$$V_1 = \frac{(0.1 \text{ ppm})(100.0 \text{ mL})}{(20 \text{ ppm})} = 0.5 \text{ mL}$$

- Preparación de estándar de 0.25 ppm de K:

$$V_1 = \frac{(0.25 \text{ ppm})(100.0 \text{ mL})}{(20 \text{ ppm})} = 1.25 \text{ mL}$$

- Preparación de estándar de 0.5 ppm de K:

$$V_1 = \frac{(0.50 \text{ ppm})(100.0 \text{ mL})}{(20 \text{ ppm})} = 2.5 \text{ mL}$$

- Preparación de estándar de 1.0 ppm de K:

$$V_1 = \frac{(1.0 \text{ ppm})(100.0 \text{ mL})}{(20 \text{ ppm})} = 5.0 \text{ mL}$$

G. Sodio

- Preparación de solución stock de Sodio 20 ppm

A partir de la solución de 1000 ppm de Na, se realizará 100.0 mL de una solución stock de 20 ppm. Utilizando la siguiente ecuación.

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

$$V_1 = \frac{(20 \text{ ppm})(100.0 \text{ mL})}{(1000 \text{ ppm})} = 2.0 \text{ mL}$$

- Preparación de curva de estándares

Para preparar cada estándar se usará la solución de trabajo de 20 ppm de Na. De la siguiente manera:

-Preparación de estándar de 0.05 ppm de Na:

$$V_1 = \frac{(0.05 \text{ ppm})(100.0 \text{ mL})}{(20 \text{ ppm})} = 0.25 \text{ mL}$$

-Preparación de estándar de 0.1 ppm de Na:

$$V_1 = \frac{(0.1 \text{ ppm})(100.0 \text{ mL})}{(20 \text{ ppm})} = 0.5 \text{ mL}$$

-Preparación de estándar de 0.50 ppm de Na:

$$V_1 = \frac{(0.50 \text{ ppm})(100.0 \text{ mL})}{(20 \text{ ppm})} = 2.5 \text{ mL}$$

-Preparación de estándar de 1.0 ppm de Na:

$$V_1 = \frac{(1.0 \text{ ppm})(100.0 \text{ mL})}{(20 \text{ ppm})} = 5.0 \text{ mL}$$

H. Fósforo

- Preparación de curva de estándares de Fósforo

Para preparar cada estándar se usará la solución madre de 500 ppm de la siguiente manera:

- Preparación de estándar de 5.0 ppm de P:

$$V_1 = \frac{(5.0 \text{ ppm})(100.0 \text{ mL})}{(500 \text{ ppm})} = 1.0 \text{ mL}$$

- Preparación de estándar de 10.0 ppm de P:

$$V_1 = \frac{(10.0 \text{ ppm})(100.0 \text{ mL})}{(500 \text{ ppm})} = 2.0 \text{ mL}$$

- Preparación de estándar de 15.0 ppm de P:

$$V_1 = \frac{(15.0 \text{ ppm})(100.0 \text{ mL})}{(500 \text{ ppm})} = 3.0 \text{ mL}$$

- Preparación de estándar de 20.0 ppm de P:

$$V_1 = \frac{(20.0 \text{ ppm})(100.0 \text{ mL})}{(500 \text{ ppm})} = 4.0 \text{ mL}$$

I. Arsénico

- Preparación de solución stock de Arsénico 100 ppb

A partir de la solución de 1000 ppb de As, se realizará 250.0 mL de una solución stock de 100 ppb. Utilizando la siguiente ecuación.

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

$$V_1 = \frac{(100 \text{ ppb})(250.0 \text{ mL})}{(1000 \text{ ppb})} = 25.0 \text{ mL}$$

- Preparación de curva de estándares

Para preparar cada estándar se usará la solución de trabajo de 100 ppb de As.

De la siguiente manera:

- Preparación de estándar de 0.5 ppb de As:

$$V_1 = \frac{(0.5 \text{ ppb})(50.0 \text{ mL})}{(100 \text{ ppb})} = 0.25 \text{ mL}$$

- Preparación de estándar de 1.0 ppb de As:

$$V_1 = \frac{(1.0 \text{ ppb})(50.0 \text{ mL})}{(100 \text{ ppb})} = 0.5 \text{ mL}$$

- Preparación de estándar de 2.0 ppb de As:

$$V_1 = \frac{(2.0 \text{ ppb})(50.0 \text{ mL})}{(100 \text{ ppb})} = 1.0 \text{ mL}$$

- Preparación de estándar de 5.0 ppb de As:

$$V_1 = \frac{(5.0 \text{ ppb})(50.0 \text{ mL})}{(100 \text{ ppb})} = 2.5 \text{ mL}$$

J. Cromo

- Preparación de solución stock de cromo 40 ppb

A partir de la solución de 1000 ppb de Cr, se realizará 250.0 mL de una solución stock de 40 ppb. Utilizando la siguiente ecuación.

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

$$V_1 = \frac{(40 \text{ ppb})(250.0 \text{ mL})}{(1000 \text{ ppb})} = 10.0 \text{ mL}$$

- Preparación de curva de estándares

Para preparar cada estándar se usará la solución de trabajo de 40 ppb de Cr. De la siguiente manera:

- Preparación de estándar de 0.5 ppb de Cr:

$$V_1 = \frac{(0.5 \text{ ppb})(100.0 \text{ mL})}{(40 \text{ ppb})} = 1.25 \text{ mL}$$

- Preparación de estándar de 1.0 ppb de Cr:

$$V_1 = \frac{(1.0 \text{ ppb})(100.0 \text{ mL})}{(40 \text{ ppb})} = 2.5 \text{ mL}$$

- Preparación de estándar de 3.0 ppb de Cr:

$$V_1 = \frac{(3.0 \text{ ppb})(100.0 \text{ mL})}{(40 \text{ ppb})} = 7.5 \text{ mL}$$

- Preparación de estándar de 5.0 ppb de Cr:

$$V_1 = \frac{(5.0 \text{ ppb})(100.0 \text{ mL})}{(40 \text{ ppb})} = 12.5 \text{ mL}$$

K. Plomo

- Preparación de solución stock de plomo 100 ppb

A partir de la solución de 1000 ppb de Pb, se realizará 250.0 mL de una solución stock de 100 ppb. Utilizando la siguiente ecuación.

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

$$V_1 = \frac{(100 \text{ ppb})(250.0 \text{ mL})}{(1000 \text{ ppb})} = 25.0 \text{ mL}$$

- Preparación de curva de estándares

Para preparar cada estándar se usará la solución de trabajo de 100 ppb de Pb. De la siguiente manera:

- Preparación de estándar de 2.0 ppb de Pb:

$$V_1 = \frac{(2.0 \text{ ppb})(25.0 \text{ mL})}{(100 \text{ ppb})} = 0.5 \text{ mL}$$

- Preparación de estándar de 5.0 ppb de Pb:

$$V_1 = \frac{(5.0 \text{ ppb})(25.0 \text{ mL})}{(100 \text{ ppb})} = 1.25 \text{ mL}$$

- Preparación de estándar de 10.0 ppb de Pb:

$$V_1 = \frac{(10.0 \text{ ppb})(25.0 \text{ mL})}{(100 \text{ ppb})} = 2.50 \text{ mL}$$

- Preparación de estándar de 20.0 ppb de Pb:

$$V_1 = \frac{(20.0 \text{ ppb})(25.0 \text{ mL})}{(100 \text{ ppb})} = 5.0 \text{ mL}$$

ANEXO N.º 6

Tabla N° 28. Tabla de composición de Alimentos para Centro América INCAP

Código	NOMBRE	Agua %	Energía Kcal	Proteína g	Grasa Total g	Carbohidratos g	Fibra Diet. total g	Centza g	Calcio mg	Fosforo mg	Hierro mg	Tiamina mg	RiboFlavina mg	Niacina mg	Vit. C mg	Vit. A Equiv. Retinol mg	Ac. grasos mono-insat. g	Ac. grasos poli-insat. g	Ac. Grasos saturados g	Colesterol mg	Potasio mg	Sodio mg	Zinc mg	Magnesio mg	Vit. B6 mg	Vit. B12 mg	Ac. Fólico mcg	Folato Equiv. FD mcg	Fracción Comestible %		
08. MARISCOS Y PESCADOS																															
8051	ALMEJAS ENLARDAS	97.70	2	0.40	0.02	0.10	0.00	1.80	13	114	0.30	0.01	0.02	0.18	1	9	0.00	0.01	0.00	3	149	215	0.10	11	0.01	5.00	0	2	1.00		
8001	ALMEJAS, FRESCAS	81.82	74	12.77	0.97	2.57	0.00	1.87	46	169	13.98	0.08	0.21	1.76	13	90	0.08	0.28	0.09	34	314	56	1.37	9	0.06	49.44	0	16	1.00		
8002	ANCHAS, FRESCAS	76.40	95	21.50	0.40	0.00	0.00	1.70	20	220	1.40	0.20	0.51		15	1.18	1.64	1.28	60	383	104	1.72		0.14	0.62	0	9	1.00			
8054	CALAMAR COCIDO	64.54	175	17.94	7.48	7.79	0.00	1.59	39	251	1.01	0.06	0.46	2.60	4	11	2.75	2.14	1.88	260	279	306	1.74	38	0.06	1.23	9	20	1.00		
8003	CALAMAR, FRESCO	78.55	92	15.58	1.38	3.08	0.00	1.41	32	221	0.68	0.02	0.41	2.17	5	10	0.11	0.52	0.36	233	246	44	1.53	33	0.06	1.30	0	5	1.00		
8004	CALAMAR, SECO	21.70	305	62.30	4.30			6.90	46	471	2.00	0.06	0.42	4.70															0.80		
8053	CAMARÓN, COCIDO	77.28	99	20.91	1.08	0.00	0.00	1.57	39	137	3.09	0.03	0.03	2.59	2	68	0.20	0.44	0.29	195	182	224	1.56	34	0.13	1.49	0	4	1.00		
8005	CAMARÓN, FRESCO	75.26	106	20.31	1.73	0.91	0.00	1.20	52	205	2.41	0.03	0.03	2.55	2	54	0.25	0.67	0.33	152	185	148	1.11	37	0.10	1.16	0	3	1.00		
8006	CAMARÓN, SECO SALADO	20.40	293	63.00	2.20	1.00		13.40	684	779	4.90	0.10	0.08	7.20	0														0.90		
8007	CAMARONCILLO SECO SALADO	47.20	153	24.80	3.50	3.90		20.00	872	419	36.70	0.02	0.16	4.13	0														0.50		
8050	CANGREJO, COCIDO	78.40	97	14.80	2.90	1.90		2.00	423	203	4.10	0.06	0.34	1.80		651	0.20	0.50	0.20	78	265	41	4.30						0.58		
8008	CANGREJO, CRUDO	78.50	93	17.30	1.90	0.50		1.80	43	175	0.80	0.16	0.08	2.80	2	0.30	0.90	0.30	150	110	1000	4.30							0.58		
8009	CARACOL DE MAR, CARNE DE	66.00	137	23.84	0.40	7.76	0.00	2.00	57	141	5.03	0.03	0.11	1.05	4	26	0.03	0.02	0.03	65	347	206	1.63	86	0.34	9.07	0	6	1.00		
8055	CAVIAR GRANULADO, NEGRO Y ROJO	47.50	252	24.60	17.90	4.00	0.00	6.50	275	356	11.88	0.19	0.62	0.12	0	561	4.63	7.41	4.06	588	181	1500	0.95	300	0.32	20.00	0	50	1.00		
8010	CONCHILAS/CONCHAS, CARNE (VENENA)	78.57	88	16.78	0.76	2.36	0.00	1.53	24	219	0.29	0.01	0.06	1.15	3	15	0.04	0.26	0.08	33	322	161	0.95	56	0.15	1.53	0	16	1.00		
8011	JABIG, COCIDAS	79.50	81	17.30	1.30	0.00	0.00	1.90	43	140	0.80	0.16	0.08	2.80	0	651	0.20	0.50	0.20	78	265	41	4.30						0.54		

ANEXO N° 7

Tabla N° 29. Ingesta diaria recomendada

Grupo de población	Edad	Ca (mg/d)	Cr (mg/d)	Fe (mg/d)	Mg (mg/d)	P (mg/d)	Zn (mg/d)	Na (g/d)	K (mg/d)
Lactante	0-6 meses	210	200	0.27	30	100	2	0.12	400
	7-12 meses	270	5500	11	75	275	3	0.37	700
Niños/as	1-3 meses	500	11000	7	80	460	3	1	3000
	4-8 meses	800	15000	10	130	500	5	1.2	3800
Hombres	9-13 años	1300	25000	8	240	1250	8	1.5	4500
	14-18 años	1300	35000	11	410	1250	11	1.5	4700
	19-30 años	1000	35000	8	400	700	11	1.3	4700
	31-50 años	1000	35000	8	420	700	11	1.3	4700
	51-70 años	1200	30000	8	420	700	11	1.3	4700
	>70 años	1200	30000	8	420	700	11	1.3	4700
Mujeres	9-13 años	1300	21000	8	240	1250	8	1.5	4700
	14-18 años	1300	24000	15	360	1250	9	1.5	4700
	19-30 años	1000	25000	18	310	700	8	1.3	4700
	31-50 años	1000	25000	18	320	700	8	1.3	4700
	51-70 años	1200	20000	8	320	700	8	1.3	4700
	>70 años	1200	20000	8	320	700	8	1.3	4700
Embarazada	18 años	1300	29000	27	400	1250	13	1.5	4700
	19-30 años	1000	30000	27	350	700	11	1.5	4700
	31-50 años	1000	30000	27	360	700	11	1.5	4700
Madre lactante	18 años	1300	44000	10	360	1250	14	1.5	4700
	19-30 años	1000	45000	9	310	700	12	1.5	4700
	31-50 años	1000	45000	9	320	700	12	1.5	4700

ANEXO Nº 8

Cuadro Nº 4. Niveles de contenido de metales pesados con respecto a *Anadara tuberculosa*

Metales pesados		Consideraciones
Mercurio	Es rápidamente adsorbido en partículas suspendidas y quedar atrapado en sedimentos de tal manera que una vez contaminada el área, puede permanecer por mucho tiempo. La forma de metil mercurio es bastante tóxica para el ser humano y causa severos daños en el sistema nervioso. El NSSP, restringe la venta de ostión con concentraciones de metil mercurio de mas de 1.0 ppm del peso húmedo.	
Cadmio	Un ingreso crónico de cadmio puede llevar a disfunción del hígado. La FDA ha establecido que una concentración importante de cadmio es entre 5 y 6 µg/g.	
Plomo	Los niveles importantes de plomo total establecidos por la FDA, en moluscos son desde 1.5 µg/g a 6.3 µg/g y afectan el sistema nervioso.	
Cobre	La mayor acumulación de este metal en ostión se da en ambientes menos salinos. No hay límites establecidos.	
Plata	A pesar de ser considerado como uno de los metales pesados más tóxicos, no hay límites establecidos en moluscos.	
Arsénico	Los niveles importantes en moluscos, establecidos por la FDA, van de 110 a 130 µg/g.	
Selenio	Es considerado potencialmente peligroso para el humano y otros organismos a niveles ligeramente arriba de las necesidades en la dieta. No existen límites establecidos por la FDA para este elemento.	
Cromo	Niveles entre 17 µg/g a 20 µg/g en moluscos han sido establecidos como de importancia por la FDA para humanos.	
Plaguicidas organoclorados, órgano fosforados	Muchos de estos se encuentran prohibidos y no hay reportes de dosis que representen un riesgo importante de salud pública.	

ANEXO Nº 9
RESULTADOS DE ANÁLISIS

Resultados de Calcio.

Tabla N° 30.Resultados de determinación de minerales

Calcio	Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Lectura ppm	FD	concentración ppm	concentración promedio ppm	Concentración Base húmeda mg/100 g
	BJ-1	A	1.4758	6250	9196.1615	9407.6105	112.3496
			1.5441	6250	9621.7597		
			1.5093	6250	9404.9103		
		B	2.2071	6250	13780.5944	13925.4496	241.2757
			2.2705	6250	14176.4486		
			2.2133	6250	13819.3057		
		C	2.9048	6250	18082.6693	18369.0239	246.0354
			2.9968	6250	18655.3785		
			2.9508	6250	18369.0239		
BJ-2	A	1.1091	6250	6931.8750	7060.0000	97.4320	
		1.1496	6250	7185.0000			
		1.1301	6250	7063.1250			
	B	1.3991	6250	8700.8706	8799.3367	147.6851	
		1.4312	6250	8900.4975			
		1.4145	6250	8796.6418			
	C	2.1311	6250	13319.3750	13473.3333	205.7583	
		2.1562	6250	13476.2500			
		2.1799	6250	13624.3750			
BJ-3	A	1.7428	6250	10892.5000	11104.5833	168.9651	
		1.7930	6250	11206.2500			
		1.7944	6250	11215.0000			
	B	1.5692	6250	9768.4263	9968.2520	156.2680	
		1.6334	6250	10168.0777			
		1.6013	6250	9968.2520			
	C	1.9164	6250	11894.2403	12116.2281	189.9874	
		1.9526	6250	12118.9176			
		1.9875	6250	12335.5263			

Resultados de Calcio.

Continuación Tabla N° 30

Calcio	Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Lectura ppm	FD	Concentración ppm	Concentración promedio ppm	concentración Base húmeda mg/100 g
	BJ-4	A	0.8526	6250	5323.4266	5312.1878	79.4255
			0.8485	6250	5297.8272		
			0.8513	6250	5315.3097		
		B	1.5957	6250	9874.3812	10002.4752	164.7393
			1.6369	6250	10129.0223		
			1.6167	6250	10004.0223		
		C	2.3388	6250	14573.7787	14842.9711	221.7461
			2.4252	6250	15112.1635		
			2.3820	6250	14842.9711		
BJ-5	A	5.1605	12500	64313.3101	65460.7012	1185.7535	
		5.2526	12500	65461.1167			
		5.3446	12500	66607.6770			
	B	5.0908	12500	63318.4080	64473.8806	1104.4486	
		5.1871	12500	64515.5473			
		5.2733	12500	65587.6866			
	C	5.0211	12500	61958.2922	63114.9227	1237.8142	
		5.1215	12500	63197.1866			
		5.2019	12500	64189.2892			
BJ-6	A	4.8831	6250	30367.5373	31087.0647	597.8506	
		4.9988	6250	31087.0647			
		5.1145	6250	31806.5920			
	B	5.3139	6250	32818.0583	33529.7266	597.0568	
		5.4868	6250	33885.5608			
		5.4868	6250	33885.5608			
	C	5.7447	6250	34457.1737	35145.5534	681.5866	
		5.9747	6250	35836.7322			
		5.8590	6250	35142.7543			

Resultados Zinc

Tabla N° 31. Resultados de determinación de minerales.

Zinc	Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Lectura ppm	FD	concentración ppm	concentración promedio ppm	Concentración Base húmeda mg/100 g
	BJ-1	A	0.5343	125	66.5877	66.8910	0.7988
			0.5392	125	67.1984		
			0.5367	125	66.8868		
		B	0.5107	125	63.7737	63.6697	1.1032
			0.5090	125	63.5614		
			0.5099	125	63.6738		
		C	0.5578	125	69.4472	70.1569	0.9397
			0.5693	125	70.8790		
			0.5634	125	70.1444		
BJ-2	A	0.6010	125	75.1250	75.2958	1.0391	
		0.6038	125	75.4750			
		0.6023	125	75.2875			
	B	0.5679	125	70.6343	70.6177	1.1852	
		0.5677	125	70.6095			
		0.5677	125	70.6095			
	C	0.5345	125	66.8125	66.6250	1.0175	
		0.5315	125	66.4375			
		0.5330	125	66.6250			
BJ-3	A	0.5328	125	66.6000	66.7292	1.0153	
		0.5349	125	66.8625			
		0.5338	125	66.7250			
	B	0.5636	125	70.1693	70.5843	1.1065	
		0.5703	125	71.0035			
		0.5669	125	70.5802			
	C	0.5887	125	73.0760	72.4470	1.1360	
		0.5785	125	71.8098			
		0.5837	125	72.4553			

Resultados Zinc

Continuación Tabla N° 31

Zinc	Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Lectura ppm	FD	concentración ppm	concentración promedio ppm	Concentración Base húmeda mg/100 g
	Zinc	BJ-4	A	0.4721	125	58.9535	59.1658
0.4738				125	59.1658		
0.4755				125	59.3781		
B			0.5243	125	64.8886	64.8226	1.0676
			0.5233	125	64.7649		
			0.5237	125	64.8144		
C			0.4421	125	55.0972	55.2094	0.8248
			0.4429	125	55.1969		
			0.4440	125	55.3340		
BJ-5		A	0.4224	125	52.6421	52.7792	0.9560
			0.4246	125	52.9163		
			0.4235	125	52.7792		
		B	0.4006	125	49.8259	49.8798	0.8544
			0.4010	125	49.8756		
			0.4015	125	49.9378		
		C	0.4302	125	53.0849	53.4222	1.0477
			0.4330	125	53.4304		
			0.4356	125	53.7512		
BJ-6	A	0.3812	125	47.4129	48.2255	0.9274	
		0.3943	125	49.0423			
		0.3877	125	48.2214			
	B	0.4180	125	51.6304	52.0175	0.9263	
		0.4243	125	52.4086			
		0.4211	125	52.0133			
	C	0.4548	125	54.5585	54.5066	1.0571	
		0.4539	125	54.4506			
		0.4544	125	54.5106			

Resultados Cobre.

Tabla N° 32. Resultados de determinación de minerales.

Cobre	Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Lectura ppm	FD	concentración p pm	concentración p romedio ppm	Concentración Base húmeda mg/100 g
	Cobre	BJ-1	A	0.2917	25	7.2707	7.2466
0.2898				25	7.2233		
0.2907				25	7.2458		
B			0.2736	25	6.8332	6.7982	0.1178
			0.2708	25	6.7632		
			0.2722	25	6.7982		
C			0.2555	25	6.3621	6.3147	0.0846
			0.2517	25	6.2674		
			0.2536	25	6.3147		
BJ-2		A	0.2679	25	6.6975	6.7050	0.0925
			0.2679	25	6.6975		
			0.2688	25	6.7200		
		B	0.2146	25	5.3383	5.3300	0.0895
			0.2203	25	5.4801		
			0.2079	25	5.1716		
		C	0.2669	25	6.6725	6.8392	0.1044
			0.2802	25	7.0050		
			0.2736	25	6.8400		
BJ-3	A	0.2964	25	7.4100	7.6558	0.1165	
		0.3059	25	7.6475			
		0.3164	25	7.9100			
	B	0.2821	25	7.0244	6.6990	0.1050	
		0.2543	25	6.3322			
		0.2707	25	6.7405			
	C	0.2755	25	6.8396	6.8396	0.1072	
		0.2793	25	6.9340			
		0.2717	25	6.7453			

Resultados Cobre.

Continuación Tabla N° 32

Cobre	Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Lectura ppm	FD	concentración p pm	concentración p tomedio ppm	Concentración Base húmeda mg/100 g
	Cobre	BJ-4	A	0.3670	25	9.1658	9.0027
0.3612				25	9.0210		
0.3532				25	8.8212		
B			0.3278	25	8.1139	8.1139	0.1336
			0.3335	25	8.2550		
			0.3221	25	7.9728		
C			0.3859	25	9.6186	9.6261	0.1438
			0.3887	25	9.6884		
			0.3840	25	9.5713		
BJ-5		A	0.3573	25	8.9058	8.9141	0.1615
			0.3630	25	9.0479		
			0.3526	25	8.7886		
		B	0.3516	25	8.7463	8.7413	0.1497
			0.3540	25	8.8060		
			0.3486	25	8.6716		
	C	0.3440	25	8.4896	8.4896	0.1665	
		0.3440	25	8.4896			
		0.3440	25	8.4896			
BJ-6	A	0.2790	25	6.9403	6.9138	0.1330	
		0.2760	25	6.8657			
		0.2788	25	6.9353			
	B	0.2745	25	6.7811	6.7811	0.1208	
		0.2726	25	6.7342			
		0.2764	25	6.8281			
	C	0.2831	25	6.7922	6.7386	0.1307	
		0.2783	25	6.6771			
		0.2812	25	6.7466			

Resultados Fósforo

Tabla N° 33. Resultados de determinación de minerales.

Fósforo	Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Lectura ppm	FD	Concentración ppm	Concentración promedio ppm	Concentración Base húmeda mg/100 g
	Fósforo	BJ-1	A	14.6800	625	4578.3433	4577.3037
14.6900				625	4581.4621		
14.6600				625	4572.1058		
B			15.9451	625	4970.4213	4970.4213	86.1187
			15.9280	625	4965.0744		
			15.9623	625	4975.7681		
C			17.0086	625	5304.5710	5304.5710	71.0496
			17.0257	625	5309.9205		
			16.9914	625	5299.2215		
BJ-2		A	1.0040	625	313.4366	313.4366	4.3256
			1.0050	625	313.7488		
			1.0030	625	313.1244		
		B	0.9560	625	298.6007	298.6007	5.0116
			0.9570	625	298.9130		
			0.9550	625	298.2884		
	C	1.0170	625	317.1781	317.1781	4.8438	
		1.0160	625	316.8663			
		1.0180	625	317.4900			
BJ-3	A	1.0540	625	329.0460	329.0460	5.0067	
		1.0530	625	328.7338			
		1.0550	625	329.3581			
	B	1.1480	625	358.3916	358.3916	5.6184	
		1.1470	625	358.0794			
		1.1490	625	358.7038			
	C	1.0570	625	330.3125	330.6250	5.1843	
		1.0580	625	330.6250			
		1.0590	625	330.9375			

Resultados Fósforo

Continuación Tabla N° 33

Fósforo	Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Lectura ppm	FD	Concentración ppm	Concentración promedio ppm	Concentración Base húmeda mg/100 g
	BJ-4	A	0.9900	625	309.3750	309.3750	4.6256
			1.0000	625	312.5000		
			0.9800	625	306.2500		
		B	1.0340	625	322.8022	322.8022	5.3165
			1.0350	625	323.1144		
			1.0330	625	322.4900		
		C	1.0320	625	321.2151	321.2151	4.7988
			1.0310	625	320.9039		
			1.0330	625	321.5264		
BJ-5	A	0.9360	625	291.7706	291.7706	5.2851	
		0.9370	625	292.0823			
		0.9350	625	291.4589			
	B	0.9460	625	295.0349	295.0349	5.0540	
		0.9450	625	294.7231			
		0.9470	625	295.3468			
	C	0.8840	625	275.5611	275.5611	5.4043	
		0.8830	625	275.2494			
		0.8850	625	275.8728			
BJ-6	A	0.9060	625	282.4190	282.4190	5.4313	
		0.9070	625	282.7307			
		0.9050	625	282.1072			
	B	1.0170	625	316.3888	316.3888	5.6339	
		1.0180	625	316.6999			
		1.0160	625	316.0777			
	C	0.9100	625	283.8074	283.8074	5.5039	
		0.9200	625	286.9261			
		0.9000	625	280.6886			

Resultados Hierro.

Tabla N° 34. Resultados de determinación de minerales.

Hierro	Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Lectura ppm	FD	Concentración ppm	Concentración promedio ppm	Concentración Base húmeda mg /100 g	
	Hierro	BJ-1	A	4.5910	625	2860.7926	2863.3059	34.1948
4.6421				625	2892.6346			
4.5520				625	2836.4905			
B			4.4420	625	2773.4765	2778.2426	48.1365	
			4.4573	625	2783.0295			
			4.4496	625	2778.2218			
C			4.7399	625	2950.6350	2950.9255	39.5248	
			4.8269	625	3004.7933			
			4.6543	625	2897.3481			
BJ-2		A	3.6095	625	2255.9375	2292.0833	31.6320	
			3.7669	625	2354.3125			
			3.6256	625	2266.0000			
		B	3.6920	625	2296.0199	2367.9104		39.7422
			3.9227	625	2439.4900			
			3.8081	625	2368.2214			
	C	3.5270	625	2204.3750	2204.3750	33.6642		
		3.6110	625	2256.8750				
		3.4430	625	2151.8750				
BJ-3	A	3.1513	625	1969.5625	2019.1875	30.7236		
		3.3101	625	2068.8125				
		3.2307	625	2019.1875				
	B	4.0097	625	2496.0782	2496.0782		39.1299	
		4.1365	625	2575.0125				
		3.8829	625	2417.1439				
	C	3.5133	625	2180.5487	2223.2084		34.8608	
		3.6508	625	2265.8888				
		3.5820	625	2223.1877				

Resultados Hierro.

Continuación Tabla N° 34

Hierro	Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Lectura ppm	FD	Concentración ppm	Concentración promedio ppm	Concentración Base húmeda mg/100 g
	BJ-4	A	3.8631	625	2412.0255	2472.0904	36.9616
			3.9593	625	2472.0904		
			4.0555	625	2532.1553		
		B	4.0006	625	2475.6188	2528.2178	41.6394
			4.0861	625	2528.5272		
			4.1701	625	2580.5074		
		C	3.9320	625	2450.1496	2508.6200	37.4774
			4.0325	625	2512.7742		
			4.1130	625	2562.9362		
BJ-5	A	2.9878	625	1861.7896	1919.5331	34.7704	
		3.0810	625	1919.8654			
		3.1726	625	1976.9442			
	B	2.9237	625	1818.2214	1827.5498	31.3062	
		2.9542	625	1837.1891			
		2.9382	625	1827.2388			
	C	2.6655	625	1644.5582	1673.1449	32.8138	
		2.7113	625	1672.8159			
		2.7587	625	1702.0607			
BJ-6	A	2.9832	625	1855.2239	1854.9129	35.6727	
		2.8870	625	1795.3980			
		3.0779	625	1914.1169			
	B	3.4415	625	2125.4323	2144.5982	38.1884	
		3.5041	625	2164.0934			
		3.4720	625	2144.2688			
	C	2.6869	625	1611.6243	1611.6243	31.2546	
		2.6533	625	1591.4707			
		2.7205	625	1631.7778			

Resultado de Magnesio.

Tabla N° 35. Resultados de determinación de minerales.

Magnesio	Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Lectura ppm	FD	Concentración ppm	Concentración promedio ppm	Concentración Base húmeda mg/100 g
	BJ-1	A	0.7362	6250	4587.4875	4643.7770	55.4579
			0.7620	6250	4748.2552		
			0.7375	6250	4595.5882		
		B	0.6386	6250	3987.2627	4099.8585	71.0351
			0.6746	6250	4212.0380		
			0.6567	6250	4100.2747		
		C	0.8335	6250	5188.6205	5188.4130	69.4938101
			0.8486	6250	5282.6195		
			0.8183	6250	5093.9990		
BJ-2	A	0.8052	6250	5032.5000	4953.1250	68.3559	
		0.7925	6250	4953.1250			
		0.7798	6250	4873.7500			
	B	0.7570	6250	4707.7114	4711.8574	79.0822	
		0.7648	6250	4756.2189			
		0.7512	6250	4671.6418			
	C	0.7079	6250	4424.3750	4515.0000	68.9509	
		0.7369	6250	4605.6250			
		0.7224	6250	4515.0000			
BJ-3	A	0.6320	6250	3950.0000	3949.5833	60.0961	
		0.6447	6250	4029.3750			
		0.6191	6250	3869.3750			
	B	0.5521	6250	3436.8775	3437.0850	53.8817	
		0.5399	6250	3360.9313			
		0.5644	6250	3513.4462			
	C	0.5385	6250	3342.2294	3342.2294	52.4075	
		0.5551	6250	3445.2582			
		0.5219	6250	3239.2006			

Resultado de Magnesio.

Continuación Tabla N° 35

Magnesio	Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Lectura ppm	FD	Concentración ppm	Concentración promedio ppm	Concentración Base húmeda mg/100 g
	BJ-4	A	0.7145	6250	4461.1638	4461.1638	66.7013
			0.7256	6250	4530.4695		
			0.7034	6250	4391.8581		
		B	0.6259	6250	3873.1436	3985.5611	65.6416
			0.6623	6250	4098.3911		
			0.6440	6250	3985.1485		
		C	0.6702	6250	4176.2213	4233.1339	63.2408
			0.6940	6250	4324.5264		
			0.6738	6250	4198.6540		
BJ-5	A	0.4196	6250	2614.6560	2660.7677	48.1971	
		0.4272	6250	2662.0140			
		0.4342	6250	2705.6331			
	B	0.3901	6250	2425.9950	2425.9950	41.5577	
		0.3755	6250	2335.1990			
		0.4047	6250	2516.7910			
	C	0.4491	6250	2770.8539	2862.1668	56.1330	
		0.4787	6250	2953.4798			
		0.4639	6250	2862.1668			
BJ-6	A	0.3950	6250	2456.4677	2456.4677	47.2415	
		0.3810	6250	2369.4030			
		0.4090	6250	2543.5323			
	B	0.3893	6250	2404.2737	2511.3225	44.7186	
		0.4240	6250	2618.5771			
		0.4066	6250	2511.1166			
	C	0.4486	6250	2690.7390	2610.9645	50.6351	
		0.4220	6250	2531.1900			
		0.4353	6250	2610.9645			

Resultado de Potasio.

Tabla N.º 36. Resultados de determinación de minerales.

Potasio	Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Lectura ppm	FD	Concentración ppm	Concentración promedio ppm	Concentración Base húmeda mg/100 g
	Potasio	BJ-1	A	4.4000	3125	13708.8734	14124.2938
4.6000				3125	14332.0040		
4.6000				3125	14332.0040		
B			4.1000	3125	12799.7003	12695.6377	219.9677
			4.0000	3125	12487.5125		
			4.1000	3125	12799.7003		
C			4.2000	3125	13072.7092	13280.2125	177.8757
			4.3000	3125	13383.9641		
			4.3000	3125	13383.9641		
BJ-2		A	4.6000	3125	14375.0000	14270.8333	196.9456
			4.5000	3125	14062.5000		
			4.6000	3125	14375.0000		
		B	4.5000	3125	13992.5373	13992.5373	234.8460
			4.4000	3125	13681.5920		
			4.6000	3125	14303.4826		
	C	4.3000	3125	13437.5000	13645.8333	208.3926	
		4.4000	3125	13750.0000			
		4.4000	3125	13750.0000			
BJ-3	A	4.3000	3125	13437.5000	13229.1667	201.2924	
		4.2000	3125	13125.0000			
		4.2000	3125	13125.0000			
	B	4.4000	3125	13695.2191	13383.9641	209.8146	
		4.2000	3125	13072.7092			
		4.3000	3125	13383.9641			
	C	4.0000	3125	12413.1082	12723.4359	199.5086	
		4.1000	3125	12723.4359			
		4.2000	3125	13033.7637			

Resultado de Potasio

Continuación Tabla N.º 36

Potasio	Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Lectura ppm	FD	Concentración ppm	Concentración promedio ppm	Concentración Base húmeda mg/100 g
	BJ-4	A	4.000	3125	12487.5125	12383.4499	185.1518
			3.900	3125	12175.3247		
			4.000	3125	12487.5125		
		B	4.100	3125	12685.6436	12582.5083	207.2321
			4.000	3125	12376.2376		
			4.100	3125	12685.6436		
		C	3.900	3125	12151.0469	12462.6122	186.1848
			4.100	3125	12774.1775		
			4.000	3125	12462.6122		
BJ-5	A	3.600	3125	11216.3509	11527.9163	208.8164	
		3.700	3125	11527.9163			
		3.800	3125	11839.4816			
	B	3.600	3125	11194.0299	11504.9751	197.0822	
		3.700	3125	11504.9751			
		3.800	3125	11815.9204			
	C	3.700	3125	11414.1165	11516.9464	225.8711	
		3.700	3125	11414.1165			
		3.800	3125	11722.6061			
BJ-6	A	3.700	3125	11504.9751	11401.3267	219.2645	
		3.600	3125	11194.0299			
		3.700	3125	11504.9751			
	B	3.500	3125	10807.8063	10807.8063	192.4523	
		3.500	3125	10807.8063			
		3.500	3125	10807.8063			
	C	3.300	3125	9896.8330	9796.8650	189.9931	
		3.200	3125	9596.9290			
		3.300	3125	9896.8330			

Resultado de Sodio

Tabla N° 37. Resultados de determinación de minerales.

	Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Lectura ppm	FD	Concentración ppm	Concentración promedio ppm	Concentración Base húmeda mg/100 g
Sodio	BJ-1	A	15.350	3125	47825.2742	48417.2483	578.2187
			15.650	3125	48759.9701		
			15.620	3125	48666.5005		
		B	13.900	3125	43394.1059	44018.4815	762.6747
			14.100	3125	44018.4815		
			14.300	3125	44642.8571		
		C	16.800	3125	52290.8367	52809.5950	707.3338
			17.200	3125	53535.8566		
			16.900	3125	52602.0916		
	BJ-2	A	12.560	3125	39250.0000	39312.5000	542.5348
			12.520	3125	39125.0000		
			12.660	3125	39562.5000		
		B	12.600	3125	39179.1045	39593.6982	664.5273
			12.700	3125	39490.0498		
			12.900	3125	40111.9403		
		C	12.500	3125	39062.5000	38750.0000	591.7714
			12.300	3125	38437.5000		
			12.400	3125	38750.0000		
	BJ-3	A	13.800	3125	43125.0000	42395.8333	645.0866
			13.600	3125	42500.0000		
			13.300	3125	41562.5000		
		B	12.800	3125	39840.6375	39321.8792	616.4321
			12.700	3125	39529.3825		
			12.400	3125	38595.6175		
C		12.300	3125	38170.3078	38273.7504	600.1479	
		12.500	3125	38790.9633			
		12.200	3125	37859.9801			

Resultado de Sodio

Continuación Tabla N.º 37

Sodio	Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Lectura ppm	FD	Concentración ppm	Concentración promedio ppm	Concentración Base húmeda mg/100 g
	BJ-4	A	15.100	3125	47140.3596	46411.9214	693.9303
			14.700	3125	45891.6084		
			14.800	3125	46203.7962		
		B	12.600	3125	38985.1485	38675.7426	636.9840
			12.400	3125	38366.3366		
			12.500	3125	38675.7426		
		C	13.860	3125	43182.9511	42705.2177	637.9932
			13.600	3125	42372.8814		
			13.660	3125	42559.8205		
BJ-5	A	9.300	3125	28975.5733	29287.1386	530.5065	
		9.400	3125	29287.1386			
		9.500	3125	29598.7039			
	B	8.500	3125	26430.3483	25704.8093	440.3278	
		8.000	3125	24875.6219			
		8.300	3125	25808.4577			
	C	9.900	3125	30540.4738	30848.9635	605.0120	
		10.000	3125	30848.9635			
		10.100	3125	31157.4531			
BJ-6	A	9.100	3125	28296.0199	27674.1294	532.2147	
		8.800	3125	27363.1841			
		8.800	3125	27363.1841			
	B	8.600	3125	26556.3241	26041.6667	463.7185	
		8.400	3125	25938.7352			
		8.300	3125	25629.9407			
	C	8.600	3125	25791.7466	25991.6827	504.0633	
		8.700	3125	26091.6507			
		8.700	3125	26091.6507			

Resultado de Arsénico

Tabla N°38. Resultados de determinación de metales.

Arsénico	Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Lectura ppb	FD	Concentración ppm	Concentración promedio ppm	Concentración Base Humeda ppm
	Arsénico	BJ-1	A	5.8826	125	0.7331	0.6925
5.2412				125	0.6532		
5.5466				125	0.6913		
B			4.6656	125	0.5826	0.5748	0.0996
			4.5404	125	0.5670		
			4.6030	125	0.5748		
C			7.0994	125	0.8839	0.8100	0.1085
			5.9397	125	0.7395		
			6.4796	125	0.8067		
BJ-2		A	3.4510	125	0.4314	0.4735	0.0653
			3.7856	125	0.4732		
			4.1274	125	0.5159		
		B	3.5254	125	0.4385	0.4673	0.0784
			3.9897	125	0.4962		
			3.7565	125	0.4672		
	C	3.3764	125	0.4221	0.4764	0.0728	
		3.5794	125	0.4474			
		4.4779	125	0.5597			
BJ-3	A	3.4779	125	0.4347	0.4279	0.0651	
		3.3678	125	0.4210			
		3.4239	125	0.4280			
	B	3.5762	125	0.4452	0.4295	0.0673	
		3.3260	125	0.4141			
		3.4466	125	0.4291			
	C	3.6744	125	0.4561	0.4306	0.0675	
		3.2641	125	0.4052			
		3.4693	125	0.4306			

Resultado de Arsénico

Continuación Tabla N° 38

Arsénico	Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Lectura ppb	FD	Concentración ppm	Concentración promedio ppm	Concentración Base húmeda ppm
	Arsénico	BJ-4	A	3.2015	125	0.3998	0.3942
3.1080				125	0.3881		
3.1616				125	0.3948		
B			2.7955	125	0.3460	0.3599	0.0593
			3.0201	125	0.3738		
			2.9078	125	0.3599		
C			3.2274	125	0.4022	0.3971	0.0593
			3.1453	125	0.3920		
			3.1864	125	0.3971		
BJ-5		A	2.9380	125	0.3662	0.3717	0.0673
			3.0266	125	0.3772		
			2.9834	125	0.3718		
		B	2.4565	125	0.3055	0.3278	0.0562
			2.8150	125	0.3501		
			2.6357	125	0.3278		
	C	2.9920	125	0.3692	0.3727	0.0731	
		3.0482	125	0.3761			
		3.0201	125	0.3727			
BJ-6	A	3.1777	125	0.3952	0.4354	0.0837	
		3.8234	125	0.4755			
		3.5017	125	0.4355			
	B	2.8805	125	0.3558	0.3652	0.0650	
		3.1134	125	0.3846			
		2.8756	125	0.3552			
	C	2.3233	156	0.3484	0.3587	0.0696	
		2.6033	156	0.3904			
		2.2492	156	0.3373			

Resultado de Cromo

Tabla N°39. Resultados de determinación de metales.

Cromo	Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Lectura ppb	FD	Concentración ppm	Concentración promedio ppm	Concentración Base húmeda ppm
	Cromo	BJ-1	A	8.7146	25	0.1087	0.1081
8.6244				25	0.1076		
8.6688				25	0.1081		
B			8.3942	25	0.1047	0.1070	0.0185
			8.7630	25	0.1093		
			8.5786	25	0.1070		
C			8.5544	25	0.1067	0.1076	0.0144
			8.6940	25	0.1085		
			8.6238	25	0.1076		
BJ-2		A	3.4256	125	0.2139	0.2104	0.0290
			3.4412	125	0.2149		
			3.2442	125	0.2026		
		B	10.5288	25	0.1315	0.1294	0.0217
			10.1829	25	0.1272		
			10.3565	25	0.1294		
	C	3.5828	125	0.2235	0.2187	0.0334	
		3.4307	125	0.2140			
		3.5061	125	0.2187			
BJ-3	A	11.0752	25	0.1383	0.1369	0.0208	
		10.8545	25	0.1355			
		10.9648	25	0.1369			
	B	12.0455	25	0.1504	0.1517	0.0238	
		12.2501	25	0.1530			
		12.1478	25	0.1517			
	C	11.5602	25	0.1445	0.1454	0.0246	
		11.5524	25	0.1444			
		11.7864	25	0.1473			

Resultado de Cromo

Continuación Tabla N° 39

Cromo	Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Lectura ppb	FD	Concentración ppm	Concentración promedio ppm	Concentración Base húmeda ppm	
	BJ-4	A		10.1183	25	0.1265	0.1303	0.0195
10.7253				25	0.1341			
10.4211				25	0.1303			
B			11.0765	25	0.1383	0.1398	0.0230	
			11.3134	25	0.1413			
			11.1950	25	0.1398			
C			10.5341	25	0.1312	0.1318	0.0197	
			10.6378	25	0.1324			
			10.5853	25	0.1318			
BJ-5		A		7.5490	25	0.0941	0.0942	0.0171
				7.5612	25	0.0943		
				7.5544	25	0.0942		
		B		10.2313	25	0.1276	0.1332	0.0228
				11.1304	25	0.1389		
				10.6808	25	0.1332		
	C		7.4010	25	0.0923	0.0951	0.0187	
			7.8546	25	0.0979			
			7.6271	25	0.0951			
BJ-6	A		7.9138	25	0.0987	0.0964	0.0185	
			7.5450	25	0.0941			
			7.7294	25	0.0964			
	B		9.8141	25	0.1221	0.1236	0.0220	
			10.0577	25	0.1252			
			9.9366	25	0.1237			
	C		10.7172	25	0.1337	0.1343	0.0260	
			10.8060	25	0.1348			
			10.7616	25	0.1343			

Resultado de Plomo

Tabla N°40. Resultados de determinación de metales.

Plomo	Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Lectura ppb	FD	concentración ppm	concentración promedio ppm	Concentración Base húmeda ppm
	Plomo	BJ-1	A	4.9165	50	0.2451	0.2267
4.1799				50	0.2084		
4.5482				50	0.2267		
B			2.2448	50	0.1121	0.1063	0.0184
			2.0100	50	0.1004		
			2.1270	50	0.1062		
C			3.4806	50	0.1733	0.1647	0.0221
			3.0950	50	0.1541		
			3.3476	50	0.1667		
BJ-2		A	*ND	50	0.0500	0.0500	0.0069
			*ND	50	0.0500		
			*ND	50	0.0500		
		B	*ND	50	0.0500	0.0500	0.0084
			*ND	50	0.0500		
			*ND	50	0.0500		
	C	*ND	50	0.0500	0.0500	0.0076	
		*ND	50	0.0500			
		*ND	50	0.0500			
BJ-3	A	*ND	50	0.0500	0.0500	0.0076	
		*ND	50	0.0500			
		*ND	50	0.0500			
	B	*ND	50	0.0500	0.0500	0.0078	
		*ND	50	0.0500			
		*ND	50	0.0500			
	C	*ND	50	0.0500	0.0500	0.0078	
		*ND	50	0.0500			
		*ND	50	0.0500			

*ND= No Detectado

Resultado de Plomo

Continuación Tabla N° 40

	Sitio de muestreo	Punto de muestreo	Lectura ppb	FD	concentración ppm	concentración promedio ppm	Concentración Base húmeda ppm
	BJ-4	A	*ND	50	0.0500	0.0500	0.0075
			*ND	50	0.0500		
			*ND	50	0.0500		
		B	*ND	50	0.0500	0.0500	0.0082
			*ND	50	0.0500		
			*ND	50	0.0500		
		C	*ND	50	0.0500	0.0500	0.0075
			*ND	50	0.0500		
			*ND	50	0.0500		
	BJ-5	A	1.1200	50	0.0558	0.0758	0.0137
			1.7600	50	0.0877		
			1.6800	50	0.0837		
		B	1.3000	50	0.0647	0.0962	0.0165
			2.8000	50	0.1393		
			1.7000	50	0.0846		
C		1.2000	50	0.0592	0.0673	0.0132	
		1.2300	50	0.0607			
		1.6600	50	0.0819			
BJ-6	A	0.8256	50	0.0411	0.0624	0.0120	
		1.6844	50	0.0838			
		1.2550	50	0.0624			
	B	0.9607	50	0.0475	0.0507	0.0090	
		0.9905	50	0.0489			
		1.1256	50	0.0556			
	C	1.3478	50	0.0647	0.0704	0.0137	
		1.5881	50	0.0762			
		1.4679	50	0.0704			

*ND= No Detectado