



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
SEDE ESMERALDAS (PUCESE)**

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**TESIS DE GRADO**

**NIVELES DE ACUMULACIÓN DE METALES PESADOS Y  
CONTAMINANTES ORGÁNICOS EN MOLUSCOS BIVALVOS  
DEL GÉNERO *Anadara* Y SU VINCULACIÓN CON ACTIVIDADES  
ECONÓMICAS EN LA PROVINCIA DE ESMERALDAS COMO  
BASE PARA UNA PROPUESTA DE REGULACIÓN DE LÍMITES  
MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONSUMO HUMANO**

**PREVIO AL GRADO ACADÉMICO DE  
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**AUTORA**

**HAYDEÉ MAGDALENA MENDOZA ANGULO**

**ASESOR**

**BLG. EDUARDO REBOLLEDO**

**ESMERALDAS - 2014**

Trabajo de tesis aprobado luego de haber dado cumplimiento a los requisitos exigidos por el Reglamento de Grado de la PUCESE previo a la obtención del título de INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL.

FIRMA DEL PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

FIRMA DEL LECTOR 1

FIRMA DEL LECTOR 2

FIRMA DEL DIRECTOR DE ESCUELA

FIRMA DEL DIRECTOR DE TESIS

Esmeraldas,..... de..... de 2014

## **AUTORÍA**

Yo Haydeé Magdalena Mendoza Angulo, declaro que la presente investigación enmarcada en el trabajo de tesis es absolutamente original, auténtica y personal.

En virtud que el contenido de ésta investigación es de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor y de la PUCESE.

---

Haydeé Magdalena Mendoza Angulo

C.I. 080246099- 8

## AGRADECIMIENTO

Me gustaría que estas líneas sirvieran para expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo, no puedo comenzar sin antes agradecer a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres Laura Angulo y Paquito Mendoza por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida, y sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mis hermanos por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar. A Elvis y a Maholy por ser un ejemplo de desarrollo profesional a seguir, a Patricio, Alexander y Paolo por llenar mi vida de alegrías y amor cuando más lo he necesitado.

Gracias a mi director de tesis Eduardo, por creer en mí, y haberme brindado la oportunidad de desarrollar mi tesis profesional y por haber compartido conmigo sus conocimientos y sobre todo su amistad, a mis lectores Pedro y Sonia por todo el apoyo que se me fue otorgado y por darme la oportunidad de crecer profesionalmente y aprender cosas nuevas.

A mis amigos por ser parte significativa de mi vida, por haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidaré, y por haber hecho también el papel de una familia verdadera en todo momento, gracias por su apoyo, comprensión y sobre todo amistad.

A mis abuelos, tíos y primos que siempre estarán presentes en mi corazón, por haber creído en mí hasta el último momento.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas ya las he mencionado y otras están en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

## ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS .....	vi
LISTA DE TABLAS .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Contaminación marina.....	1
1.2 Actividades Económicas.....	2
1.2.1 El cultivo de camarón .....	2
1.2.2 Producción de Palma Aceitera .....	4
1.2.3 La Minería Aurífera .....	5
1.3 Metales Pesados y Contaminantes Orgánicos .....	6
1.4 Bioacumulación y porqué seleccionar bivalvos.....	9
1.5 Objetivo General.....	12
1.5.1 Objetivos Específicos .....	12
2. METODOLOGÍA .....	13
2.1 Procedimiento de recolección de muestras .....	13
2.2 Análisis de la relación entre presencia de contaminantes y actividades económicas .....	17
2.3 Procedimiento para determinar la exposición, riesgo potencial y tasa de consumo. 17	
2.3.1 Exposición .....	18
2.3.2Riesgo Potencial .....	19
2.3.3 Tasa de consumo.....	19
2.4 Factor de Bioconcentración (BCF).....	21
2.5 Elaboración de una propuesta para establecer los límites máximos permisibles en la ingesta del recurso <i>Anadara tuberculosa</i> .....	22
2.5.1 Concentración admisible.....	22
2.5.2 Tasa de consumo admisible mensual.....	23
3. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	24
3.1 Talla y peso de las muestras .....	24
3.2 Contaminantes orgánicos y metales pesados .....	24
3.2.1 Contaminantes orgánicos .....	24
3.2.2 Metales pesados .....	24

3.3 Distribución por zonas de las concentraciones encontradas y posibles fuentes de emisión.....	28
Arsénico .....	28
Azufre .....	30
Bario.....	31
Cadmio.....	33
Cobalto.....	34
Cobre.....	35
Cromo .....	37
Estroncio .....	39
Fósforo .....	40
Magnesio.....	43
Manganeso .....	44
Potasio.....	45
Sodio .....	46
Vanadio .....	48
Zinc .....	49
3.4 Exposición, riesgo potencial y tasa de consumo.....	50
3.5 Factor de Bioconcentración (BCF) .....	56
3.6 Propuesta de determinación de límites máximos permisibles .....	58
3.6.1 Tasa de consumo admisible mensual.....	59
4. DISCUSIÓN .....	61
5. CONCLUSIONES .....	83
6. RECOMENDACIONES.....	85
7. BIBLIOGRAFÍA .....	86
8. ANEXOS .....	96

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de sitios donde se extrajeron conchas para el presente estudio en el cantón San Lorenzo .....	14
Figura 2. Ubicación geográfica de sitios donde se extrajeron conchas para el presente estudio en el cantón Muisne .....	15
Figura 3 Concentraciones de Cobalto, Bario, Vanadio, Cromo y Cadmio por localidad en <i>Anadara</i> .....	26
Figura 4. Concentraciones de Cobre, Manganeso y Arsénico por localidad en <i>Anadara tuberculosa</i> .....	26
Figura 5. Concentraciones de Estroncio y Zinc por localidad en <i>Anadara tuberculosa</i> .....	27
Figura 6. Concentraciones de Magnesio, Fósforo, Potasio, Azufre, y Sodio por localidad en <i>Anadara tuberculosa</i> .....	27
Figura 7. Niveles de Arsénico en <i>Anadara tuberculosa</i> .....	28
Figura 8. Niveles de Azufre en <i>Anadara tuberculosa</i> .....	30
Figura 9. Niveles de Bario en <i>Anadara tuberculosa</i> .....	31
Figura 10. Niveles de Cadmio en <i>Anadara tuberculosa</i> .....	33
Figura 11. Niveles de Cobalto en <i>Anadara tuberculosa</i> .....	34
Figura 12. Niveles de Cobre en <i>Anadara tuberculosa</i> .....	36
Figura 13. Niveles de Cromo en <i>Anadara tuberculosa</i> .....	37
Figura 14. Niveles de Estroncio en <i>Anadara tuberculosa</i> .....	39
Figura 15. Niveles de Fósforo en <i>Anadara tuberculosa</i> .....	41
Figura 16. Niveles de Magnesio en <i>Anadara tuberculosa</i> .....	43
Figura 17. Niveles de Manganeso en <i>Anadara tuberculosa</i> .....	44
Figura 18. Niveles de Potasio en <i>Anadara tuberculosa</i> .....	45
Figura 19. Niveles de Sodio en <i>Anadara tuberculosa</i> .....	46
Figura 20. Niveles Vanadio de en <i>Anadara tuberculosa</i> .....	48
Figura 21. Niveles de Zinc en <i>Anadara tuberculosa</i> .....	49
Figura 22. Niveles de exposición en mg de metal por kg al día .....	51
Figura 23. Niveles de exposición en mg de metal por kg al día para Sodio, Potasio, Magnesio, Fósforo y Azufre .....	52
Figura 24. Nivel de exposición de Zinc y Estroncio.....	53
Figura 25. Riesgo potencial en Arsénico .....	54
Figura 26. Riesgo potencial en Cadmio.....	54

Figura 27. Riesgo potencial en Cromo, Estroncio, Bario, Zinc y Manganeso .....	55
Figura 28. Tasa de consumo de Arsénico y Cadmio .....	55
Figura 29. Tasa de consumo de Cromo, Zinc, Estroncio y Manganeso .....	56
Figura 30. Tasa de consumo de carne concha con Bario.....	56
Figura 31. Factor de Bioconcentración de Cobalto, Magnesio, Manganeso, Vanadio y Bario.....	57
Figura 32. Factor de Bioconcentración de Azufre, Sodio, Potasio y Cromo.....	57
Figura 33. Ingesta mensual permisible de carne de concha con Arsénico .....	62
Figura 34. Comparación del promedio de Arsénico con legislación de organizaciones y otros países.....	64
Figura 35. Ubicación geográfica de sitios donde se encuentran las camareras de la zona sur.....	66
Figura 36. Ubicación geográfica de sitios donde se encuentra el área minera en la zona Norte .....	67
Figura 37. Dispersión de elementos de la zona norte y sur de la provincia.....	68
Figura 38. Dispersión de Azufre, Fósforo y Magnesio.....	69
Figura 39. Ingesta mensual permisible de carne de concha con Cadmio .....	72
Figura 40. Comparación de Cadmio con legislación de organizaciones y otros países... ..	73
Figura 41. Comparación de Cromo con legislación de organizaciones y otros países ...	74
Figura 42. Comparación de Cobre con legislación de organizaciones y otros países ....	76
Figura 43. Ingesta mensual permisible de Manganeso, Estroncio, Zinc y Cromo .....	77
Figura 44. Comparación de las localidades cercanas al mar vs lejos del mar .....	81

## LISTA DE TABLAS

Tabla I. Localidades muestreadas y coordenadas .....	13
Tabla II. Dosis de Referencia .....	20
Tabla III. Criterios de acumulación de acuerdo al Factor de Bioconcentración.....	21
Tabla IV. Coloración de riesgo de ingesta admisible .....	23
Tabla V. Talla y peso de las muestras .....	24
Tabla VI. Metales pesados por localidad muestreada.....	25
Tabla VII. Concentración admisible .....	58
Tabla VIII. Tasa de consumo admisible de carne de concha con Arsénico .....	59
Tabla IX. Tasa de consumo admisible de carne de concha con Cadmio.....	60
Tabla X. Riesgo potencial por Arsénico .....	62
Tabla XI. Porciones admisibles de carne de concha con concentraciones de Arsénico	63
Tabla XII. Comparación de resultados de laboratorios .....	71
Tabla XIII. Resultados de los laboratorios “Avilés y Vélez” y “Grüentec” .....	74
Tabla XIV. Riesgo potencial por Bario .....	75
Tabla XV. Factor de Bioconcentración .....	78
Tabla XVI. Composición del agua de mar .....	80
Tabla XVII. Comparación de propuesta de límites vs resultados.....	82

# **NIVELES DE ACUMULACIÓN DE METALES PESADOS Y CONTAMINANTES ORGÁNICOS EN MOLUSCOS BIVALVOS DEL GÉNERO *Anadara* Y SU VINCULACIÓN CON ACTIVIDADES ECONÓMICAS EN LA PROVINCIA DE ESMERALDAS COMO BASE PARA UNA PROPUESTA DE REGULACIÓN DE LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONSUMO HUMANO**

## **RESUMEN**

Se determinó la presencia de contaminantes orgánicos y metales pesados presentes en ejemplares de *Anadara tuberculosa* provenientes de manglares de los cantones San Lorenzo (Palma Real, Nadadero Grande, San Antonio) y Muisne (Muisne y Portete) en la provincia de Esmeraldas. Se colectaron 100 individuos en cada localidad y se seleccionó al azar 25 ejemplares por localidad, de los cuales se derivaron 5 muestras hacia un laboratorio acreditado por el OAE<sup>1</sup> que determinó el contenido de Arsénico, Azufre, Bario, Estroncio, Cadmio, Cobre, Cromo, Cobalto, Fósforo, Magnesio, Manganeso, Potasio, Sodio, Vanadio y Zinc así como de compuestos orgánicos persistentes (pesticidas) en muestras de partes blandas de estos moluscos. Buscando establecer la relación de estos compuestos con las principales actividades económicas desarrolladas en sus inmediaciones, tales como la minería aurífera y el cultivo de palma aceitera en el cantón San Lorenzo de la zona norte de Esmeraldas y la actividad camaronera en el cantón Muisne.

Al no existir regulaciones específicas en el marco legal nacional, en función del contenido de contaminantes registrado y de la estimación de consumo de *Anadara tuberculosa* en localidades con mayor demanda de este recurso en la provincia, se presenta una propuesta para establecer límites máximos permisibles de consumo.

Palabras claves: *Anadara tuberculosa*, metales pesados, bioconcentración, límites permisibles de consumo.

---

<sup>1</sup> Organismo de Acreditación del Ecuador

**LEVELS OF ACCUMULATION OF HEAVY METALS AND ORGANIC POLLUTANTS IN THE GENUS BIVALVE AND ITS RELATIONSHIP WITH *Anadara* ANTHROPOGENIC ACTIVITIES IN THE PROVINCE OF ESMERALDAS AS BASIS FOR A PROPOSAL OF REGULATION OF MAXIMUM LIMITS PERMISSIBLE FOR HUMAN CONSUMPTION**

**ABSTRACT**

Organic pollutants and heavy metals were found in specimens of *Anadara tuberculosa* coming from mangroves of the San Lorenzo and Muisne cantons in the Province of Esmeraldas (Ecuador). They have been used as an indicator of environmental quality. This is due to its great potential for bioaccumulation of compounds given by natural filtering.

100 *Anadara tuberculosa* individuals were collected in every sampled location: Palma Real, Nadadero Grande, San Antonio, Muisne and Portete. 25 of these individuals were randomly selected in each location and 5 samples were sent to a laboratory accredited by the OAE that determined the presence of Arsenic, Sulfur, Barium, Strontium, Cadmium, Copper, Chromium, Cobalt, Phosphorus, Magnesium, Manganese, Potassium, Sodium, Vanadium, Zinc and the absence of persistent organic compounds. This article seeks to establish the relationship between the aforementioned values and the different economic activities that take place in the area, i.e. mining and oil palm cultivation in San Lorenzo and the recent shrimp and oil palm activity in the canton of Muisne. As there is no specific national regulation on the pollutant content of recorded and estimated consumption levels of *Anadara sp*, a proposal for the maximum allowable consumption limits of this resource in the settlements with greater demand in the province (Atacames and Esmeraldas) is made.

Keywords: heavy metals, bioaccumulation, economic activities, *Anadara tuberculosa*

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Contaminación marina

Alrededor del 70% al 75% de la contaminación marina global es producto de las actividades humanas que tienen lugar en la superficie terrestre (Escobar, 2002).

La contaminación del medio marino es un problema ambiental creciente que genera preocupación pública, tanto por sus efectos ecológicos como por sus implicaciones en la salud de consumidores de recursos pesqueros. Esta última situación se agrava dado que muchas de las zonas costeras donde se localizan potenciales fuentes de contaminación coinciden con áreas de extracción de recursos pesqueros de consumo humano.

Como consecuencia, muchos ecosistemas frágiles algunos únicos en el mundo, tales como bosques de manglar, arrecifes coralinos, lagunas costeras y otros lugares de interface entre la tierra y el mar, han sido perturbados más allá de su capacidad de resiliencia, es decir la capacidad de soportar (absorber) presiones externas y volver, con el correr del tiempo, a su situación antes de la perturbación (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2010).

Una perturbación es un suceso discreto en el tiempo (puntual, no habitual) que altera la estructura de los ecosistemas, de las comunidades o de las poblaciones y cambia los recursos, la disponibilidad de hábitat apto y/o el medio físico (White, 1985). De la Lanza 2009 en Orante, 2010, acota que el resultado de los cambios provocados por diversas actividades antropogénicas, tiene como consecuencia que la calidad del agua que sostiene una gran variedad de organismos se haya visto alterada en diversos grados.

Uno de los principales ecosistemas que sucumben a las perturbaciones antropogénicas son los manglares, que de acuerdo a la Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional RAMSAR en el 2012 son reconocidos como ecosistemas que albergan muchas especies de peces, moluscos, crustáceos, aves acuáticas migratorias o sedentarias, mamíferos acuáticos, y especies amenazadas que dependen de este ecosistema y de sus zonas aledañas. En Ecuador existen aún considerables superficies de manglar. De un total de 1.229 kilómetros de riberas abiertas ecuatorianas, 533 kilómetros estuvieron originalmente bordeados por manglares (C-CONDEM<sup>2</sup>, 2010).

---

<sup>2</sup> Corporación Coordinadora Nacional para la defensa del Ecosistema Manglar del Ecuador

Para 1987, en el Ecuador continental había 362.802 hectáreas de manglar, doce años después, en 1999, un estudio realizado por el Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN) determinó que había 154.087,31 hectáreas y en el año 2004 apenas existían 108.000 ha, lo que significa la pérdida del 70% en las últimas tres décadas (C-CONDEM, 2009).

Dentro de las zonas que han mostrado la mayor tasa de disminución, se encuentra la provincia de Esmeraldas, en el periodo comprendido entre 1969 y 2001, el descenso de los manglares fue del orden del 15% (CLIRSEN, 2004). A pesar de esto, sigue siendo la provincia con mayor superficie de este ecosistema, albergando 3 áreas con estos ecosistemas protegidos dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP). Esto se ha dado principalmente por la transformación de este ecosistema hacia piscinas camaroneras. La DIRNEA<sup>3</sup> confirma esta información revelando que para el 2012 había 10,227.14 ha de piscinas camaroneras en la provincia de Esmeraldas (Cámara Nacional de Acuacultura, 2013). Lo que evidencia la fuerte expansión camaronera, especialmente realizada en la zona sur de la provincia de Esmeraldas (Cantón Muisne). Sin embargo, en los últimos años el ecosistema manglar se ha visto perturbado por la actividad minera y palmicultora al norte de la provincia (San Lorenzo).

## **1.2 Actividades Económicas**

### **1.2.1 El cultivo de camarón**

La producción de camarones en grandes estanques denominados camaroneras viene realizándose desde la década de los ochenta. Esta actividad ha contribuido a diversificar la producción acuícola del país y ha generado considerables ingresos a sus beneficiarios. A nivel mundial el Ecuador ha ocupado el tercer lugar en producción y ha sido reconocido por ser el único país donde se ha practicado continuamente la acuicultura camaronera por más de treinta años (Jara, Parker, & Rodríguez, 2002).

En Esmeraldas, las camaroneras se han instalado en zonas de manglares, esteros y tierras altas del litoral y actualmente son miles las hectáreas que están destinadas a este cultivo.

---

<sup>3</sup> Dirección Nacional de Espacios Acuáticos

En el cultivo de camarón y en el proceso de camarón elaborado se utiliza grandes recursos de energía, agua y combustibles, todo esto está facilitado porque se lo hace en grandes extensiones de manglar (FLACSO<sup>4</sup>, 2011).

En Muisne de acuerdo a la FLACSO, para el año 2004, la actividad camaronera había devastado más del 70% de los manglares existentes en el cantón. En cuanto a la pesquería del camarón alrededor del 99% de la producción proviene del cultivo en piscinas y el resto se pesca en el océano Pacífico (CORPEI<sup>5</sup>, 2008), lo que demuestra que se da una permanente e intensiva producción que a su vez representa un continuo uso de fertilizantes para la producción.

La principal especie cultivada en Esmeraldas es *Penaeus vannamei* (Caicedo<sup>6</sup> entrevista personal, 2011). Esta especie se encuentra en hábitats marinos tropicales, los adultos viven y se reproducen en mar abierto, mientras que las postlarvas migran a las costas a pasar la etapa juvenil, la etapa adolescente y pre-adulta en estuarios, lagunas costeras y manglares.

Para incrementar la cantidad de alimento natural, según su grado de productividad, fertilizantes orgánicos e inorgánicos son utilizados en las piscinas acuícolas (Espol-Fonaprode, 1984).

En el documento *Certificando la Destrucción*, editado por C-CONDEM (2007), se comenta que los criaderos bioacuáticos, como las piscinas camaroneras situadas en zonas de manglar, al formar embalses de agua de los estuarios, no tienen canales de desfogue adecuados, ni procedimientos de purificación de sus desechos. Los impactos ambientales de las operaciones de las camaroneras pueden incluir de acuerdo a Marín, 2009:

- Salinización de suelos e intrusión de agua salada en los acuíferos de agua dulce.
- Asentamiento de tierras por extracción de agua subterránea.
- Desviaciones de flujos por taponamiento de las piscinas.

---

<sup>4</sup> Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales Sede Ecuador

<sup>5</sup> Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones de Ecuador

<sup>6</sup> Inspector de Acuicultura en la provincia de Esmeraldas

- Descarga de efluentes con desechos y alimentos de camarones, químicos usados en el control de plagas, desinfección y estimulantes de crecimiento.
- Captura incidental en la recolección de postlarvas silvestres.
- Introducción de nuevas especies y enfermedades en el ecosistema

Esta es también una peligrosa posibilidad en el caso del Ecuador, debido a que los productos del manglar constituyen la base alimenticia de las familias que habitan estas zonas y que además consumen el agua de los esteros, ya que la mayoría de ellos carecen de sistemas de agua potable.

### **1.2.2 Producción de Palma Aceitera**

Para los países tropicales, la palma de aceite representa una alternativa de excelente perspectivas para el futuro (Mejía, 2006), de este modo han incrementado con el pasar de los años las áreas donde se expanden, del área ocupada por plantaciones industriales, Ecuador pasó de 153.623ha en 2000 a 207.285ha en 2005 (Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales, 2006).

La Palma africana (*Elaeis guineensis*) es una planta monoica o hermafrodita, con tronco solitario de 10-15m de altura y 30-60 cm de diámetro cubierto de cicatrices de las hojas viejas. Las hojas son pinnadas de 4-5 m de longitud. Son de color verde en ambas caras. Los frutos son ovoides, muy abundantes, son de color rojizo y de hasta 4 cm de diámetro y es un cultivo permanente (Orreola, 2012). La palma aceitera se cultiva principalmente para obtener el aceite vegetal para el consumo humano y jabones y aceites para la industria cosmética (Bruinsma, 2009).

Para el año 2012 a nivel nacional había una superficie plantada de 240333hectareas de cultivo permanente de palma africana, de las cuales solamente la provincia de Esmeraldas aportaba con 121163hectáreas (ESPAC<sup>7</sup>, 2012). Lo que demuestra que la provincia se ve fuertemente influenciada por esta actividad, es así como la zona norte de la provincia de Esmeraldas, ha tenido mayor impacto territorial, social y ambiental en los últimos años debido a esta actividad. (CID-PUCESE, 2011).

---

<sup>7</sup> Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua

Estos monocultivos generan procesos erosivos a consecuencia del desbroce del terreno antes ocupado por bosques, que deja el suelo desnudo y expuesto a las fuertes lluvias tropicales. Estos procesos erosivos a su vez afectan a los cursos de agua provocando contaminación y sedimentación, lo cual tiene además consecuencias sobre las especies acuáticas que allí habitan y por ende sobre las poblaciones locales que se abastecen de agua y alimentos de la misma.

Adicionalmente, las industrias procesadoras impactan sobre la calidad de las aguas por la liberación de grandes cantidades de efluentes –por cada tonelada de aceite se generan 2,5 toneladas de efluentes– que en muchos casos contaminan los cursos de agua por no cumplir con los requisitos legales en cuanto a su tratamiento. (Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales, 2006).

El uso del agua de ríos y esteros para preparar las soluciones y lavar los equipos para la dispersión de químicos (bombas fumigadoras), causa la muerte periódica de peces a lo largo del año y la disminución de la fauna dependiente de este recurso como fuente de agua. (Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales, 2001).

La fundación Altropico, describe que para el año 2004 los efectos nocivos en los ríos de Esmeraldas y en la salud de las poblaciones locales por el mal uso de agroquímicos para el cultivo de palma eran substanciales. Muchas comunidades ya no cuentan con fuentes de agua para consumo humano, y los recursos bioacuáticos, como son peces, camarones y tortugas, que formaban la base de proteína en su dieta, fueron destruidos casi por completo.

### **1.2.3 La Minería Aurífera**

Debido a los altos precios del oro, la minería aurífera en suelos aluviales se está expandiendo en los últimos años más rápidamente que en cualquier época histórica, con enormes costos para la salud humana y para el ambiente (Ministerio del Ambiente de Perú, 2011).

En Ecuador hay oro en 228 ríos localizados en los flancos de la Cordillera de los Andes. En Esmeraldas hay oro en los afluentes Palabí, San Juan, Mira, Tululbí, Bogotá, Cachabí, Santiago, Cayapas, Barbudo, Zapallo, Canandé, Guayllabamba, Caoní y

Blanco, según la Fundación de Investigación Geológica Minera (Fungeomine) citado en (El Comercio, 2013), sitios donde, además, se asientan varias comunidades que aprovechan directamente las faenas de producción del oro.

El problema, que existe con este tema, es que durante el procedimiento se vierte al ambiente cantidades importantes de mercurio a través de la manipulación directa en el proceso productivo, así como de arsénico, aluminio y otros elementos tóxicos producto de la remoción de grandes cantidades de tierra (CID-PUCESE, 2012); que de igual manera terminarían influenciando a las aguas estuarinas.

El primer impacto de la minería ilegal lo ha sufrido el ambiente. Al no existir control sobre esta actividad, la explotación de oro se desarrollaba en zonas con cobertura vegetal, en donde se ha dado una tala indiscriminada de bosques tropicales. El resultado es la pérdida del recurso ambiental forestal. El agua de los ríos Palabí, Cachaví, Huimbí, Santiago y Zapallito ha sido contaminada gravemente. Informes de la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) y del Instituto Izquieta Pérez, coinciden en que esta agua ya no es apta para el consumo humano por contener metales como arsénico, aluminio, plomo, mercurio y cianuro.

Muchos de los sedimentos arrojados a sus lechos contienen estos metales pesados, que son de larga permanencia y afectan la fauna fluvial, además de causar graves daños a la salud de las personas. En cuanto a las especies animales, no solo se altera su condición química y fisiológica para adaptarse a los cambios del medio, sino que muchas mueren, se extinguen o buscan otros lugares para vivir (Ministerio Coordinador de Seguridad de Ecuador, 2011).

### **1.3 Metales Pesados y Contaminantes Orgánicos**

La contaminación por metales pesados y contaminantes orgánicos es un tema relevante en el campo ambiental y de la salud, elementos que han sido vinculados con distintas actividades industriales y domésticas, sin tener en cuenta las consecuencias de las mismas. No solo los metales pesados contaminan el medio marino, sino también los pesticidas, fertilizantes, lixiviados de minería, pinturas antifouling<sup>8</sup>, etc.

---

<sup>8</sup> Pintura que protege las embarcaciones de las incrustaciones

En resumen, todas estas actividades económicas podrían alterar el balance natural de metales pesados y agregarían contaminantes orgánicos perjudiciales para el ambiente.

Por encima de los años, la definición de metales pesados ha sido modificada por varios autores, cada autor le da una valoración diferente; algunos se basan en la densidad, peso atómico, número atómico, propiedades químicas e incluso sin una base clara que no sea toxicidad, por lo que no hay consistencia para su concepto y no hay ninguna definición oficialmente aceptada. Por ejemplo, Bjerrum que es el estándar de oro en terminología de los químicos, en el año 1936 define "metales pesados" basándose en la densidad de la forma elemental del metal, y clasifica los "metales pesados" como "esos metales con densidades mayores a 7 g/cm<sup>3</sup>". Lo cierto es que ni la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC) ni alguna sociedad científica de alto nivel ha definido claramente el término "metal pesado" (IUPAC, 2002).

Para el presente estudio trabajaremos con la definición de metales pesados como aquellos elementos metálicos con pesos atómicos altos (por ejemplo: Mercurio, Cromo, Cadmio, Arsénico y Plomo); los que pueden ser nocivos a los seres vivos en pequeñas concentraciones y tienden a acumularse en la cadena alimenticia (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2012).

Moreno M. en el 2003 destaca que los metales pesados son elementos químicos que el hombre no crea ni destruye, son constituyentes naturales de la corteza terrestre, de rocas, suelos, sedimentos, erupciones volcánicas y del agua. (Mero, 2010), éstos pueden clasificarse en dos grupos; el primero engloba a los denominados esenciales, que son aquellos elementos que resultan necesarios para que los organismos vivos completen su ciclo vital, siendo requeridos en cantidades pequeñas y que, pasado un cierto umbral, pueden ser tóxicos. El segundo grupo está constituido por aquellos metales pesados que no presentan una función biológica conocida y que, al igual que los anteriores, resultan tóxicos cuando se supera un determinado nivel. (Martorell, 2010).

La Organización para la Alimentación y la Agricultura en 1989 (FAO por sus siglas en inglés *Food and Agriculture Organization*) explica que con excepción de los elementos orgánicamente ligados, Hidrógeno, Carbono, Nitrógeno y Oxígeno, existen aproximadamente 20 ó más elementos minerales que son considerados como esenciales para la vida animal como: Calcio, Fósforo, Cobalto, Hierro, Manganeso, Cromo,

Magnesio, Cloro, Vanadio, Yodo, Azufre, Níquel, Cobre, Molibdeno, Sodio, Estaño, Flúor, Silicio, Potasio, Selenio y Zinc.

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, (PNUD) en el año 2011 por otro lado define a los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) como un grupo de productos químicos que han sido producidos intencionalmente o no, y que se han introducido en el medio ambiente, y que incluyen a los pesticidas, a los productos químicos industriales y a los productos químicos en artículos y en sustancias derivadas (PNUD, 2011).

Los compuestos químicos más importantes, desde el punto de vista de inocuidad para moluscos bivalvos, son los plaguicidas (Organoclorados y los Organofosforados) que sumado a los metales pesados, tienen una importancia relativa y pueden ser acarreados por el agua de los ríos y entrar al primer eslabón de la cadena trófica (microalgas) para pasar posteriormente a los moluscos o bien ser absorbidos directamente desde la columna de agua durante el proceso de filtración y que pueden provocar algún efecto nocivo a la persona que los consuma.

Afortunadamente muchos de los plaguicidas, con tiempos largos de residencia, han sido prohibidos por las autoridades y su uso ha disminuido considerablemente. (SENASICA<sup>9</sup>, 2003).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la FAO un pesticida o plaguicida es cualquier sustancia utilizada para prevenir o controlar cualquier especie de planta o animal indeseable, incluyendo las sustancias destinadas a utilizarse como reguladores de crecimiento como defoliantes o desecantes, durante la producción, almacenamiento, transporte, comercialización o procesamiento.

Los herbicidas son productos fitosanitarios utilizados para controlar especies vegetales, no deseadas que dificultan el desarrollo de los cultivos y que han llegado a sustituir en más de un 90% las actividades para tal fin de la agricultura tradicional. Atendiendo a su complejidad química, estos están en capacidad de interferir el metabolismo de las plantas en diferentes niveles como sistemas enzimáticos, división celular y fotosíntesis, entre otros (Claudio & Gustavo, 2001).

---

<sup>9</sup> Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria de México

Los insecticidas han sido considerados como uno de los principales factores del incremento de la productividad de los cultivos en el último siglo, son sustancias ampliamente utilizadas en el sector agroindustrial para controlar y erradicar las plagas, y para la protección de los productos almacenados. Su funcionalidad comprende cualquier etapa del desarrollo del individuo. Generalmente se han clasificado según su estructura química en Organoclorados, Organofosforados, Carbamatos y Piretroides (Claudio & Gustavo, 2001).

Estos elementos son persistentes a los distintos tipos de degradación posible, lo que supone una larga permanencia de los mismos en el medio, pudiendo ser bioacumulados.

#### **1.4 Bioacumulación y por qué seleccionar bivalvos**

Las Naciones Unidas en el 2007 en la “Guía de los Peligros para el Medio Ambiente Acuático” define la bioacumulación como una de las propiedades intrínsecas importantes de las sustancias que determinan el potencial de peligro para el medio ambiente.

La OCDE<sup>10</sup> en 1998 citado en la misma guía menciona que en el sistema armonizado de clasificación de los peligros que suponen las sustancias químicas para la salud humana y el medio ambiente figura la expresión “potencial de bioacumulación”. Sin embargo, habría que trazar una distinción entre bioconcentración y bioacumulación. Para el presente estudio, la bioconcentración se define como el resultado neto de la absorción, transformación y eliminación de una sustancia en un organismo, como consecuencia de una exposición por vía acuática; mientras que la bioacumulación engloba todas las vías de exposición (aire, agua, sedimentos/suelo y alimentos). Por último, la biomagnificación se define según la Comisión Europea en 1996 como la acumulación y la transferencia de sustancias a través de la cadena alimenticia, produciéndose un aumento de las concentraciones internas en los organismos situados en los niveles más altos de la cadena trófica. Para la mayor parte de los productos químicos orgánicos se piensa que la absorción a partir del agua (bioconcentración) constituye la vía de absorción predominante. La absorción a través de alimentos solo adquiere importancia

---

<sup>10</sup> Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, entidad que trabaja para entender que es lo que conduce al cambio económico, social y ambiental

en las sustancias muy hidrófobas (que repelen el agua). Por lo demás, los criterios de clasificación armonizados utilizan el factor de bioconcentración como medida del potencial de bioacumulación.

Por estos motivos, solo se considera a la bioconcentración y no tiene en cuenta la absorción a través de los alimentos o por otras vías (Naciones Unidas, 2007).

La capacidad de bioconcentración ó de bioacumulación se mide por medio del factor de bioconcentración (que se conoce en inglés como BCF). Esta es la relación entre la concentración de una sustancia química que ha sido absorbida por el organismo a través de todas las vías y la concentración de la misma sustancia en el agua. Los valores de BCF elevados se bioacumulan en los organismos y podrán biomagnificarse a través de las redes tróficas por lo que su potencia para causar daño biológico es muy elevado (Albert, 1997).

Debido a una de sus propiedades (su baja presión de vapor), los metales pesados se pueden mover a grandes distancias de la fuente de emisión y distribuirse ampliamente por el planeta a través del aire, el agua, el suelo o mediante el transporte pasivo en especies migratorias, acumulándose especialmente en las regiones más frías de la Tierra.

El Centro de Investigaciones Ecológicas de Guayacán, de Venezuela, en el año 2008 informa que la incorporación de metales en los tejidos blandos de los organismos está asociado a los niveles de biodisponibilidad de los elementos en la columna de agua o en el sedimento. La bioacumulación de metales en los organismos marinos implica procesos de incorporación complejos, estos elementos se enlazan a una gran variedad de moléculas orgánicas (Engel & Brouwer 1989), o pueden precipitar en formación de gránulos (Pan & Wang, 2008). De esta forma, algunos organismos pueden acumular una gran cantidad de metales en su interior en relación a los niveles de metales en su entorno (Iniesta & Blanco 2005).

En este sentido, los moluscos bivalvos, especialmente los mejillones, son conocidos por acumular y concentrar altos niveles de metales pesados, siendo los organismos más empleados como biomonitores de la contaminación del ambiente marino a nivel mundial (Acosta & Lodeiros 2004, Ferreira et al. 2004, Narváez et al. 2005, Rojas et al.2009), por ser sedentarios y alimentarse principalmente por filtración.

Es así como el uso de organismos acuáticos como indicadores de la calidad del medio en que habitan se ha acentuado en los últimos tiempos (Argota G, 2012), el empleo de distintas especies de organismos vivos como bioindicadores, o la identificación de biomarcadores específicos que puedan servir en estudios de ecotoxicología se presenta como una herramienta de primer orden, de cara a evaluar los efectos provocados por otros agentes contaminantes.

Un ejemplo de estos organismos son las conchas negras o piangua hembra *Anadara tuberculosa* que se distribuyen en el Pacífico americano desde California hasta el norte de Perú, siendo uno de los organismos característicos que habitan los ecosistemas de manglar. En el libro *Sea Shells of Tropical West América* (McLean, 1971), se describe a *Anadara tuberculosa* como una especie con conchas grandes ovalada, más bien gruesa, de 33 a 37 costillas, el margen dorsal ligeramente angulado en cada extremo, nodos en las costillas, especialmente en el extremo anterior, son la razón del nombre específico. Longitud, 56 mm, altura, 42 mm, diámetro, 40 mm. Uno de los moluscos alimenticios más importantes de la costa centroamericana, está muy cotizadas por los pescadores, incluso hasta el sur de Perú (Sowerby, 1833).

La pesquería artesanal del recurso concha antes mencionado *A. tuberculosa* y *A. similis* tiene mayor demanda en el mercado nacional por constituir una importante fuente de alimento, empleo y de beneficios económicos para quienes se dedican a su extracción a lo largo de la costa ecuatoriana; de igual manera son extraídas para alimento por un gran número de pescadores artesanales en la costa del Pacífico de 10 países, desde México, América Central hasta Perú (MacKenzie, 2001).

El Instituto Nacional de Pesca (INP) en el año 2004 citado en (Rendón & Suárez, 2007) menciona que se recolectaron algo más de 26 millones de conchas prietas en San Lorenzo y Muisne (Esmeraldas) junto con el Morro en Guayaquil y 2 puertos de El Oro; constituyendo uno de las mayores fuentes de ingreso económico para las familias Esmeraldeñas, y uno de los principales alimentos en la dieta de lugareños y turistas.

La única reglamentación acerca de este molusco en Ecuador consta en el Acuerdo Ministerial N° 170 de octubre 24 del 2001, publicado en el Registro Oficial N° 453 del 14 de noviembre del 2001, que establece el tamaño mínimo de extracción y comercialización de las conchas prietas, siendo la talla mínima para la extracción y comercialización de *Anadara tuberculosa* y *Anadara similis* de una longitud de 4.5 cm,

medidas desde el lado anterior al lado posterior de las valvas. (Subsecretaría de Recursos Pesqueros, 2005).

### **1.5 Objetivo General**

Considerando que las actividades económicas (palmicultora, camaronera y minería aurífera) tienen incidencia en los manglares y que especies de bivalvos pueden servir como indicadores de la calidad del medio; y debido a la ausencia de legislación en el país para el consumo de biota con niveles máximos permisibles de contaminantes, se plantea como objetivo general del presente estudio al:

Determinar los niveles de metales pesados y contaminantes orgánicos en moluscos bivalvos del género *Anadara* de los manglares de San Lorenzo y Muisne, como base para una propuesta de regulación de límites máximos permisibles en el consumo humano.

#### **1.5.1 Objetivos Específicos**

Para lo cual se necesita lograr los siguientes objetivos específicos:

- Determinar la presencia de metales pesados y contaminantes orgánicos en *Anadara tuberculosa* de los cantones San Lorenzo y Muisne.
- Analizar las potenciales fuentes de emisión de metales pesados y contaminantes orgánicos detectados en organismos de acuerdo a análisis de laboratorio.
- Determinar los niveles de la exposición, riesgo potencial y tasa de consumo máximo por la ingesta de moluscos bivalvos.
- Formular una propuesta para la determinación de límites máximos permisibles de acuerdo a la presencia de metales pesados y contaminantes en moluscos bivalvos de consumo humano.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Procedimiento de recolección de muestras

Los días 6 y 7 de Febrero de 2013 se realizó la recolección de ejemplares de moluscos bivalvos en la franja estuarina de los cantones San Lorenzo (Zona Norte) y Muisne (Zona Sur), trasladándose a cada lugar vía acuática (Fotografía 1).



**Fotografía 1.** Salida al muestreo en la zona norte de Esmeraldas

En total se recolectaron ejemplares en 5 localidades, registrándose los datos presentados en la Tabla 1 y se elaboraron mapas para la zona norte (Figura 1) y para la zona sur (Figura 2) donde se aprecia la cercanía al mar y la cercanía a las Áreas Protegidas (Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Muisne y Reserva Cayapas Mataje).

**Tabla I.** Localidades muestreadas y coordenadas.

Localidad	Coordenadas		Zona de la Provincia
	X	Y	
Nadadero	739227	10143809	Zona Norte
Palma Real	738100	10160016	
San Antonio	746145	10143791	
Muisne	610284	10066548	Zona Sur
Portete	605983	10053192	

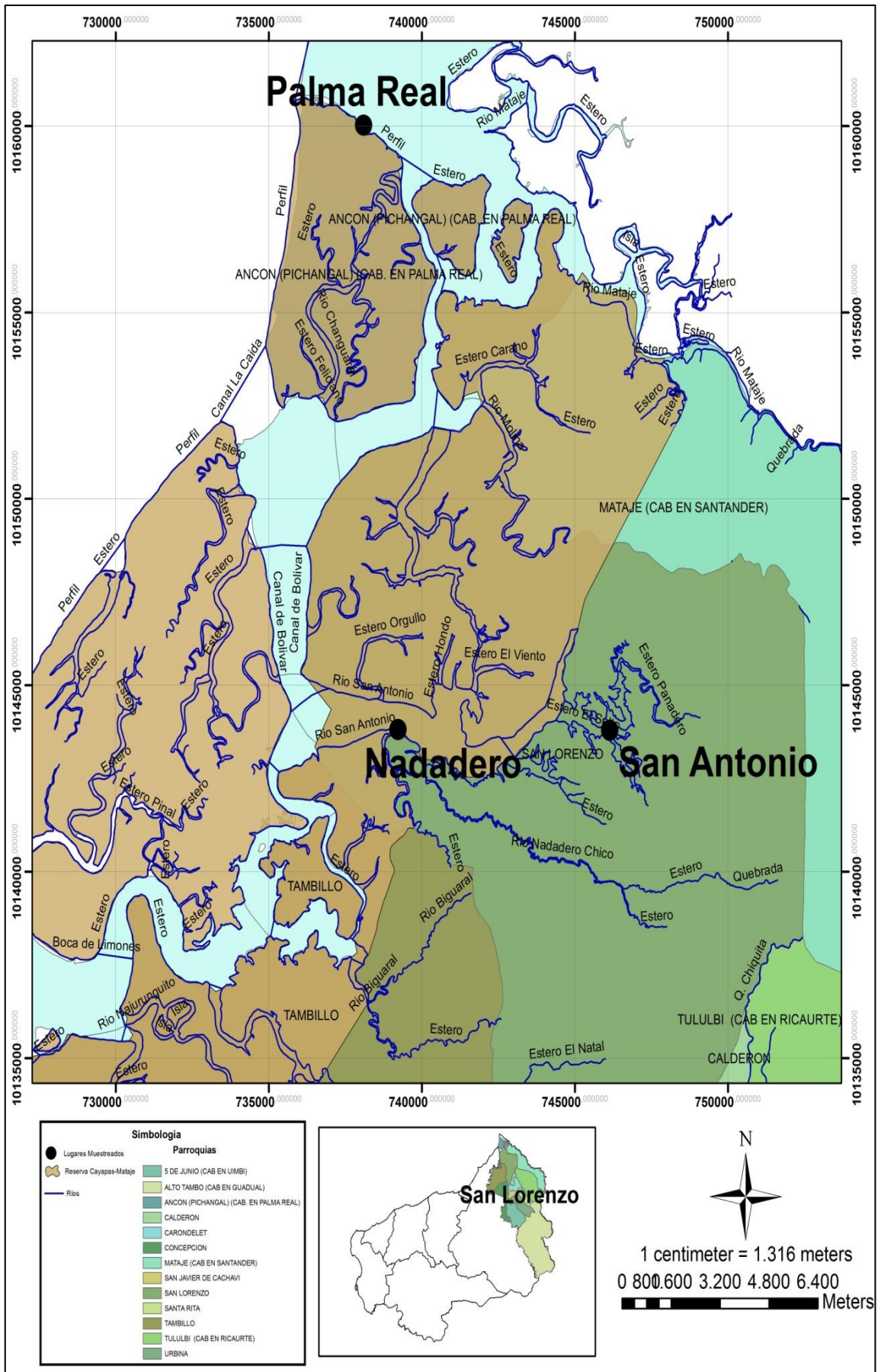


Figura 1. Ubicación geográfica de sitios donde se extrajeron conchas en el cantón San Lorenzo.

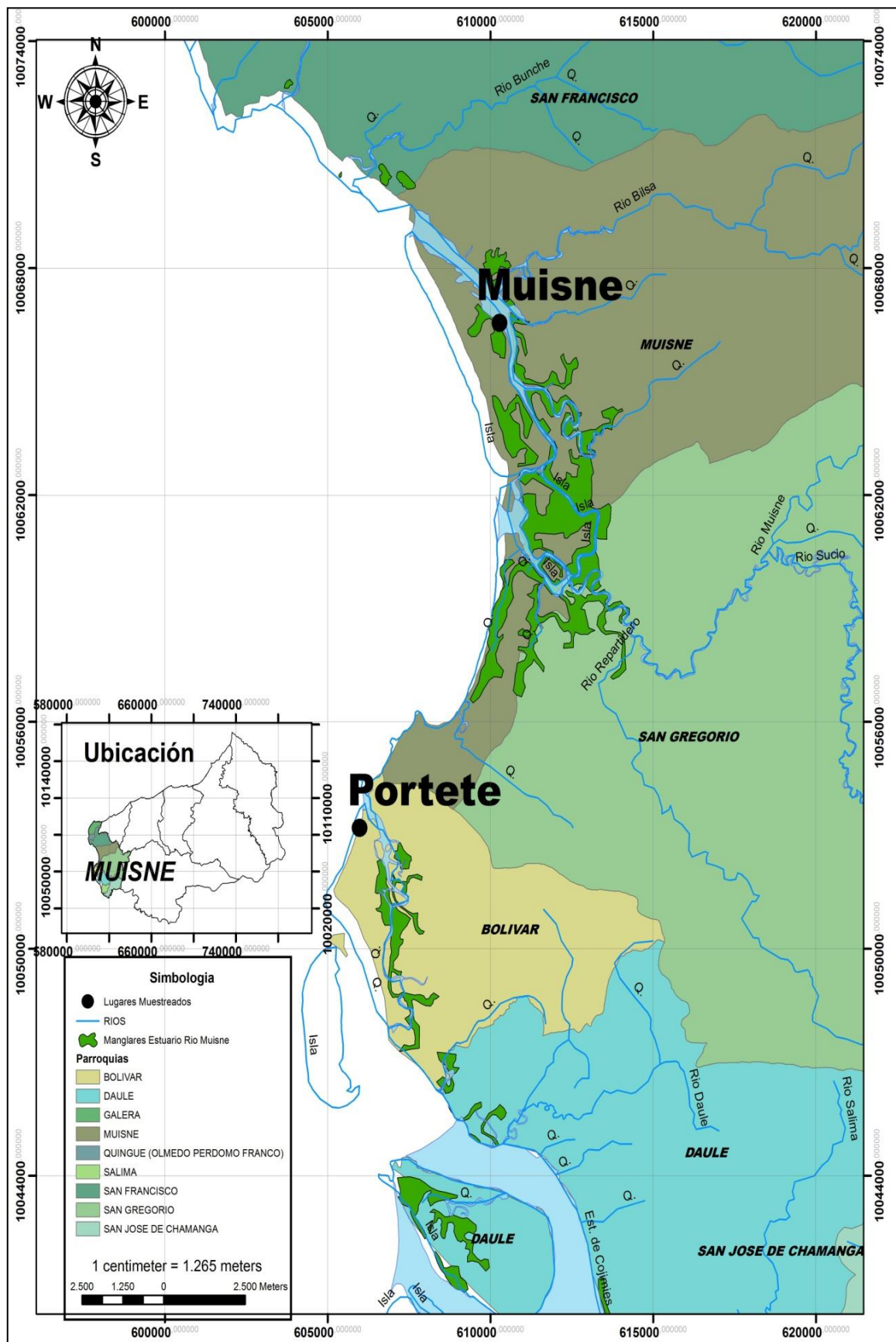


Figura 2. Ubicación geográfica de sitios donde se extrajeron conchas en el cantón Muisne

La forma de extracción para este estudio fue la misma realizada por las concheras, es decir extracción manual del molusco, para asegurar que la especie objeto de análisis sea del propio sitio designado interés para este estudio (Fotografía 2). Para lo cual se contó con la colaboración de conchero/as, quienes realizaban sus labores diarias (Fotografía 3).



**Fotografías 2 y 3.** Extracción del recurso concha desde los manglares de San Lorenzo y Muisne

Las muestras de moluscos se transportaron en fundas quintaleras plásticas etiquetadas, a dichas fundas se le realizaron orificios para proporcionarles aireación a las conchas. Los ejemplares colectados fueron posteriormente trasladados al Laboratorio de Agua y Biodiversidad PUCESE donde fueron lavados, medidos, pesados y posteriormente seleccionados y etiquetados para ser enviados al laboratorio acreditado (Fotografías 4 y 5).



**Fotografías 4 y 5.** Recurso concha (lado izquierdo) y medida de los ejemplares seleccionados (lado derecho)

De cada lugar se colectaron 100 individuos, de los cuales se registró la talla (por medio de un pie de metro) y peso de 25 individuos seleccionados al azar de las que se escogieron las valvas de mayor tamaño y peso para separar las partes blandas de la concha hasta completar aproximadamente 100g de partes blandas para ser enviadas al laboratorio acreditado (Fotografías 6 y 7).



**Fotografías 6 y 7.** Pesaje (lado izquierdo) y etiquetado de los ejemplares seleccionados (lado derecho)

Una vez clasificadas y etiquetadas las muestras se las envió a un laboratorio acreditado, donde utilizaron para el análisis de metales el equipo ICP-MS (Plasma Inductivo Acoplado y Espectrometría de Masas), mientras que para el análisis de pesticidas se utilizó Cromatografía de Gases con Masas.

## **2.2 Análisis de la relación entre presencia de contaminantes y actividades económicas**

La búsqueda de información acerca de cada elemento encontrado en este estudio, enmarcados principalmente en criterios de toxicidad, abundancia y fuentes de emisión, son la base del análisis y discusión de la posible fuente de procedencia de los mismos.

## **2.3 Procedimiento para determinar la exposición, riesgo potencial y tasa de consumo**

Para determinar el riesgo potencial de consumo de bivalvos y la tasa de consumo se aplicaron las fórmulas extraídas del documento Evaluación del Riesgo por consumir moluscos contaminados con Cadmio, Cromo y Plomo (Figuroa, 2007).

### 2.3.1 Exposición

Se calculan los niveles de exposición a los tóxicos, por medio de la siguiente fórmula (USEPA<sup>11</sup>, 1986);

$$E = \frac{(\text{metal})(\text{ingesta})}{W}$$

Donde:

E= es la exposición (mg de metal/kg/día);

Metal= es la concentración de metal en los tejidos de la concha (mg/kg peso húmedo);

Ingesta= es la cantidad de moluscos (kg de peso húmedo) que se consumen por día y

W= es el peso corporal (kg).

Para determinar la ingesta y estimar la cantidad de conchas que lleva un ceviche<sup>12</sup> se realizaron 2 tipos de encuestas (ver anexo 7). La primera fue dirigida a consumidores del producto (lugareños y turistas) en Esmeraldas y Atacames, habiéndose encuestado a un total de 70 personas, 45 hombres de un promedio de 70kg y 25 mujeres de unos 63kg, sacando como promedio 3 ceviches mensuales.

La encuesta reflejó que el consumo de conchas se incrementa considerablemente en feriados (especialmente para los turistas), por lo tanto se creyó conveniente utilizar el supuesto que mensualmente se consumen de 2 a 4 ceviches, a cada ceviche se les denominó porción, también se consideró conveniente trabajar con pesos corporales diferentes para cada tipo de público y se clasificó de la siguiente manera: niños (18 y 30kg), mujeres (50-70kg) y hombres (80-100kg).

El segundo tipo de encuestas fue realizada a 30 cevicherías por ser los principales locales expendedores de este recurso en la provincia de Esmeraldas (Atacames y Esmeraldas), donde se reveló que cada porción lleva en promedio 12 ejemplares de conchas dando un resultado de 0,23kg de partes blandas de conchas por porción.

---

<sup>11</sup> Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

<sup>12</sup> Plato consistente en carne marinada de recurso *Anadara* en aliños cítricos

Los resultados del contenido de metales y pesticidas obtenidos en el laboratorio se expresan en mg/kg y significa la cantidad de metal (mg) que hay en 1kg (de partes blandas).

### **2.3.2 Riesgo Potencial**

Se determinó el Riesgo Potencial por el consumo de bivalvos por medio de la relación utilizada USEPA, 1986 y HealthCanada, 2003:

$$RP = \frac{\text{Exposición (mg/kg /día)}}{\text{Dosis de referencia (Rfd)(mg/kg /día)}}$$

Donde:

Rfd (oral reference dose)= es la dosis de referencia es una dosis de metal que puede ser consumida diariamente sin que exista riesgo de efectos nocivos en la salud (EPA –IRIS, 1994; 1998<sup>a</sup>; 1998b; HealthCanada 1996).

Cuando RP tiene valores menores a 1 significa que el riesgo es imperceptible. Cuando el RP tiene valores superiores a 1 significa que existe un riesgo alto.

### **2.3.3. Tasa de consumo**

Se evalúa la tasa de consumo (USEPA, 2000), que determina la cantidad de mariscos (kg) que una persona puede consumir en un día sin sufrir efectos dañinos, con base en la dosis de referencia (Rfd).

$$Tc = \frac{Rfd \times W}{Cm}$$

Donde:

Tc= es la tasa de consumo (kg/día);

Rfd= es la dosis de referencia (mg/kg/día);

W= es el peso corporal (kg);

Cm= es la concentración de metal en la concha (mg/kg de peso húmedo).

Generalmente se aplica un factor de conversión (se multiplica el resultado por 1000) para obtener la tasa de consumo en gramos.

Bajo la condición de que prácticamente nadie consume conchas todos días, la tasa de consumo para este estudio se expresa en kg/mes.

La Dosis de Referencia (Tabla II) empleada para cada elemento fue extraída del Sistema de Información Integral de Riesgos (IRIS) de la Agencia de Protección Ambiental (EPA), establecidas para los siguientes elementos encontrados en este estudio:

**Tabla II.** Dosis de Referencia

Elemento	Rfd	Unidad
Arsénico	0,0003	mg/kg/día
Bario	0,2	mg/kg/día
Cadmio	0,001	mg/kg/día
Cromo	0,003	mg/kg/día
Estroncio	0,6	mg/kg/día
Manganeso	0,14	mg/kg/día
Zinc	0,3	mg/kg/día

## 2.4 Factor de Bioconcentración (BCF)

BCF es el factor de bioconcentración, derivado de muestras específicas del sitio recogidas en el campo de los tejidos y de la concentración de aquellos metales en el agua en kg/L

$$BCF = \frac{Ct}{Cw}$$

Dónde:

Ct= concentración de metal en tejidos del molusco bivalvo en mg/kg

Cw= concentración del metal en el agua en mg/L

Según los valores encontrados de BCF, se puede clasificar los elementos como vemos en la tabla III de la siguiente manera: (Consejo Nacional de Investigación de Canadá, 2006).

**Tabla III.** Criterios de acumulación de acuerdo al Factor de Bioconcentración

Agencia Reguladora		Criterios BCF	Programa
Medio Ambiente Canadá		≥5000	CEPA 1999
Union Europea	Bioacumulable	≥2000	REACH 2011
	Muy bioacumulabe	≥5000	
Estados Unidos	Bioacumulable	1000-5000	TSCA, TRI
	Muy bioacumulabe	≥5000	
Programa Ambiental de las Naciones Unidas		≥5000	Convenio de Estocolmo

El factor de bioconcentración solo pudo determinarse para 10 elementos de la zona norte de Esmeraldas, empleándose los niveles de concentración en agua de acuerdo a

datos del Programa de Remediación Ambiental en los monitoreos en los ríos de la zona norte de la provincia en el periodo de los años 2011-2012.

## **2.5 Elaboración de una propuesta para establecer los límites máximos permisibles en la ingesta del recurso *Anadara tuberculosa***

Para la elaboración de la propuesta de límites permisibles en moluscos bivalvos se analizarán los siguientes aspectos:

### **2.5.1 Concentración admisible**

Es la máxima concentración de mariscos en mg que puede consumir una persona en kg. Para hallar esta concentración se utilizó la fórmula propuesta por el toxicólogo Hans Plugge de la Agencia de Protección Ambiental EPA (com. Pers):

$$ASC = TAD / AWS \quad [(mg / día) / (kg / día) = mg / kg]$$

Donde:

ASC = Concentración admisible de mariscos

TAD= Total del promedio de consumo diario admisible de por vida

AWS = Peso promedio de marisco consumido por día

TAD (normalmente mg/día) = 70 kg (peso medio) x Dosis de Referencia por día.

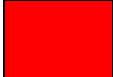




El promedio de peso del consumo de mariscos se determinó en el punto 2.3.3.

Para hallar el TAD se pueden usar las Dosis de Referencia las cuales están en la base de datos del EPA denominada IRIS o los LMR (niveles mínimos de riesgo) del ATSDR.

### 2.5.2 Tasa de consumo admisible mensual

Se calculó la tasa de consumo admisible mensual de Arsénico y Cadmio para niños, mujeres y hombres estableciendo el riesgo de ingesta con diferentes coloraciones como se observa en la tabla IV. Además se comparó la tasa de consumo mensual con un supuesto de concentraciones diferentes a las obtenidas en el presente estudio, en el caso del arsénico con los valores encontrados en las diferentes localidades muestreadas (1,1; 1,5; 1,9 y 2,1) en mg/kg y en el caso de cadmio con valores superiores al promedio encontrado en el presente estudio (1; 1,25; 1,5; 1,75 y 2) en mg/kg.

**Tabla IV.** Coloración de riesgo de ingesta admisible

	No se deben comer
	Se puede ingerir 1 porción al mes
	Se puede ingerir 2 porciones al mes
	Se puede ingerir 3 porciones al mes
	Se puede ingerir más de 3 porciones al mes

### 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 3.1 Talla y peso de las muestras

Cada una de las tallas y pesos de los ejemplares objeto de estudio se registraron (ver anexo 1), en la tabla V se observan datos promedios de tallas y pesos para cada una de las localidades analizadas.

**Tabla V.** Talla y peso de las muestras

Zona	Localidad	Media	Desviación Estándar
		Talla y peso	Talla y peso
Zona Norte	Palma Real	54,65± 47,52	4,62±14,39
	San Antonio	56,39±52,16	3,37±12,74
	Nadadero Grande	48,99±30,84	3,99±7,26
Zona Sur	Muisne	48,82±32,97	4,53±11,66
	Portete	53,636±38,94	3,40±8,03
Total		52,496±40,81	5,00±13,56

#### 3.2 Contaminantes orgánicos y metales pesados

##### 3.2.1 Contaminantes orgánicos

De acuerdo a los a resultados proporcionados por el laboratorio, no se registró la presencia de contaminantes orgánicos en todas las muestras derivadas al mismo (ver Anexo 8).

##### 3.2.2 Metales pesados

Los resultados obtenidos por el laboratorio determinaron la presencia de 13 elementos en peso seco entre metales pesados e iones no metálicos, teniendo los siguientes datos (Tabla VI):

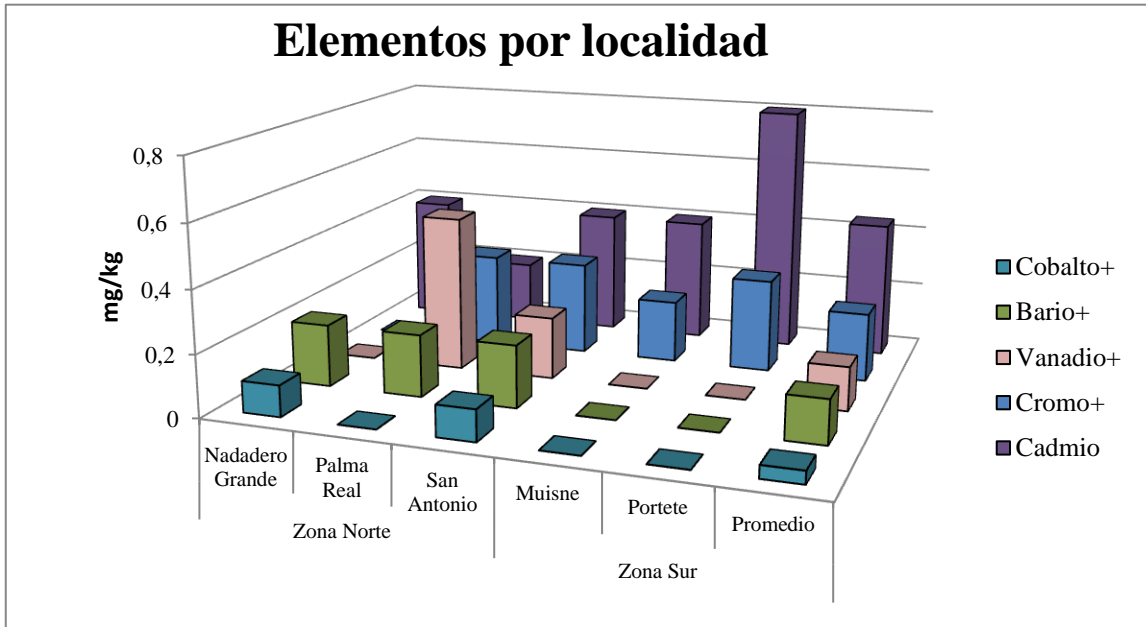
**Tabla VI.** Metales pesados por localidad muestreada.

Metales (mg/kg)	Zona Norte				Zona Sur			Media Total
	Nadadero Grande	Palma Real	San Antonio	Media	Muisne	Portete	Media	
Arsénico	1,1	2,1	0,5	1,23	1,1	1,9	1,5	1,34
Azufre	2052	2776	1618	2148,7	2474	2109	2291,5	2205,8
Bario <sup>+</sup>	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0,1	0,05	0,125
Cadmio	0,4	0,2	0,4	0,3	0,4	0,8	0,6	0,44
Cobalto <sup>+</sup>	0,1	0	0,1	0,067	0	0	0	0,04
Cobre	0,9	1,4	1,1	1,13	1	1,4	1,2	1,16
Cromo <sup>+</sup>	0	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,25	0,22
Estroncio	16	4,3	5,5	8,6	5,7	6,5	6,1	7,6
Fósforo*	1000	1000	1000	1000	1000	500	750	900
Magnesio*	300	400	400	366,67	400	1000	700	500
Manganeso	1,1	1,1	1,8	1,3	1,6	0,6	1,1	1,24
Potasio*	1000	2000	1000	1333,3	1000	1000	1000	1200
Sodio*	2000	2000	2000	2000	3000	5000	4000	3000
Vanadio <sup>+</sup>	0	0,5	0,2	0,23	0	0	0	0,14
Zinc	7,8	18	11	12,267	8,7	6,3	7,5	10,36

Nota: - Para este estudio solo se consideraron los elementos que presentaron valores numéricos superiores a la sensibilidad mínima de análisis del laboratorio, a los que estuvieron por debajo de ese límite se los consideró como cero (ausencia del elemento) y son los que se encuentran con el signo +. Los elementos que están con \* inicialmente se encontraban en % y fueron convertidos en mg/kg.

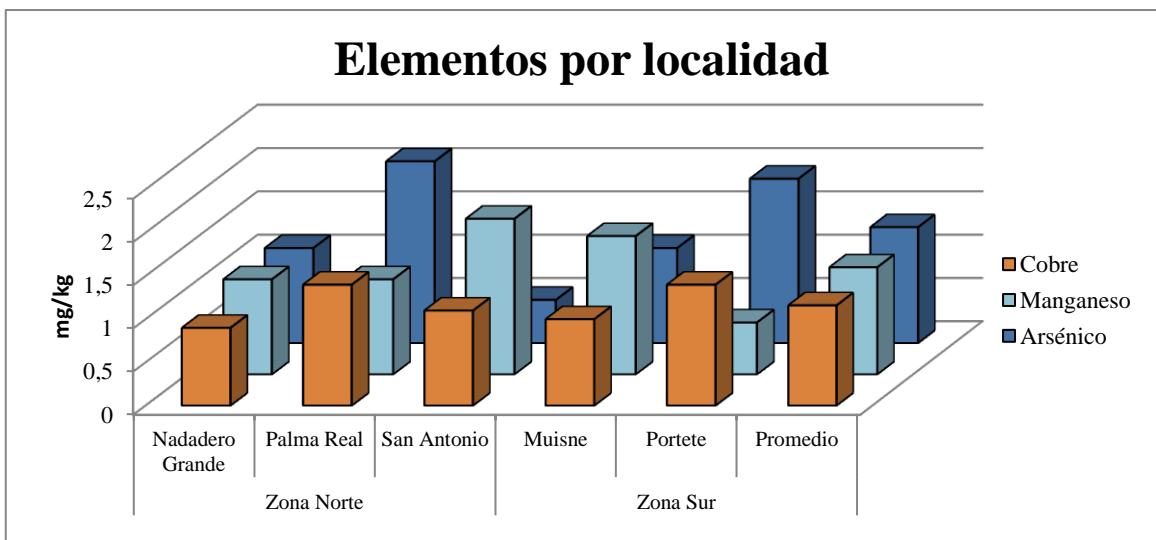
A continuación se graficarán los elementos de la tabla V en rangos de concentraciones para mejor apreciación:

En la figura 3 se compara Cobalto, Bario, Vanadio, Cromo y Cadmio los cuales presentan valores entre el rango de 0 a 0,8 mg/kg.



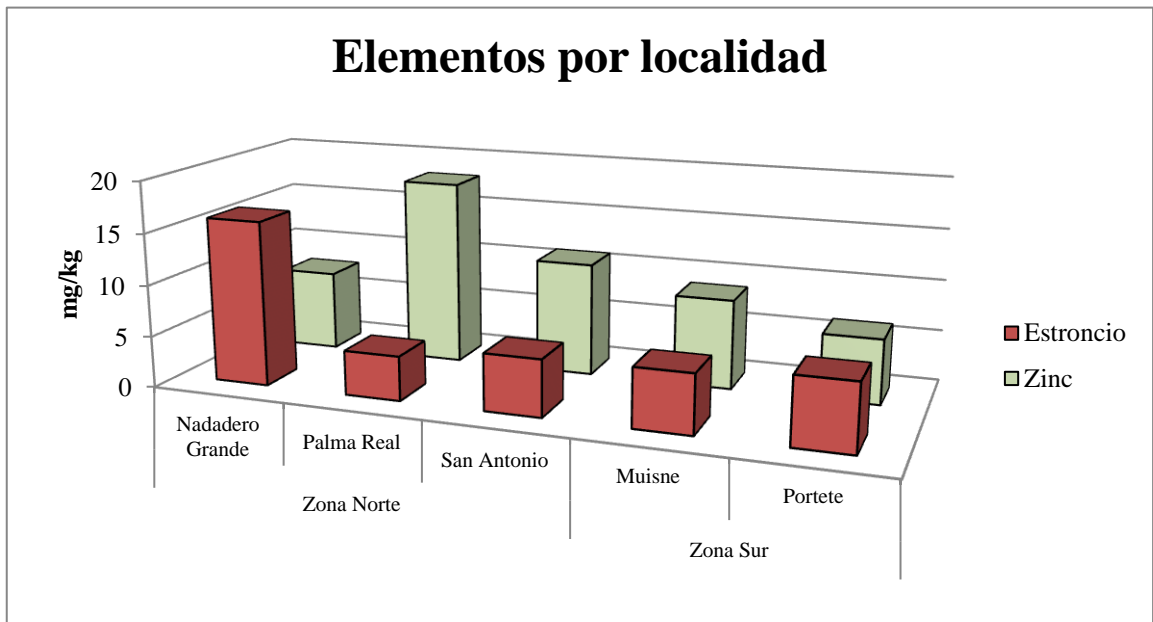
**Figura 3.** Concentraciones de Cobalto, Bario, Vanadio, Cromo y Cadmio por localidad en *Anadara tuberculosa*.

En la figura 4, se comparan las concentraciones de Cobre, Manganeso y Arsénico con valores entre 0,5 y 1,9mg/kg.



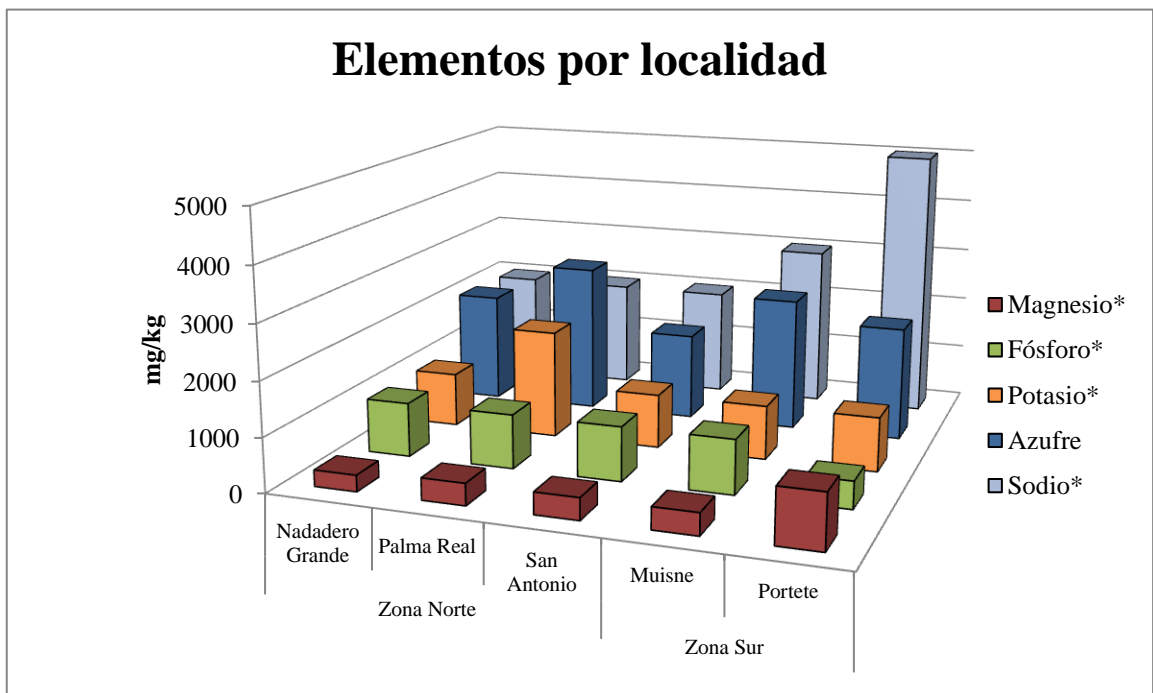
**Figura 4.** Concentraciones de Cobre, Manganeso y Arsénico por localidad en *Anadara tuberculosa*.

En la figura 5 se grafican en mg/kg las concentraciones de Estroncio y Zinc con valores entre 4,3 y 18.



**Figura 5.** Concentraciones de Estroncio y Zinc por localidad en *Anadara tuberculosa*.

En la figura 6 se cotejan los valores de mayores concentraciones los que son: Magnesio, Fósforo, Potasio, Azufre y Sodio en mg/kg.

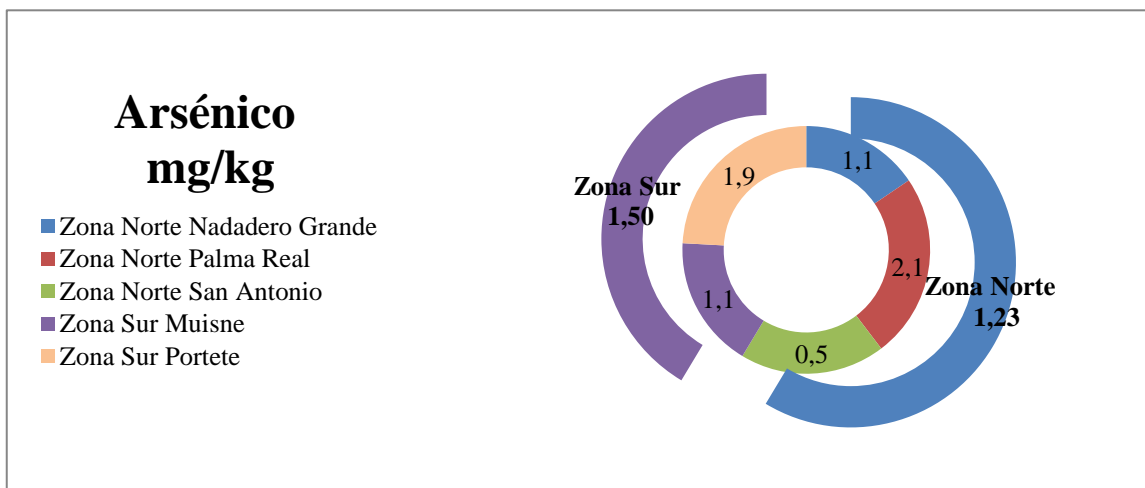


**Figura 6.** Concentraciones de Magnesio, Fósforo, Potasio, Azufre, y Sodio por localidad en *Anadara tuberculosa*.

### 3.3 Distribución por zonas de las concentraciones encontradas y posibles fuentes de emisión

#### ✓ Arsénico

El promedio de la zona norte es de 1,23mg/kg de Arsénico, donde Palma Real es el sitio con la concentración más elevada con 2,1mg/kg, Nadadero Grande se ubica de intermedio con 1,1mg/kg y San Antonio con 0,5mg/kg es el menor valor. A pesar de que la concentración más elevada se encuentra en Palma Real, el promedio de zona sur es superior al de la zona norte con 1,50mg/kg, distribuidos con 1,9mg/kg en Portete y 1,1mg/kg en Muisne (Figura 7).



**Figura 7.** Niveles de Arsénico en *Anadara tuberculosa*.

El arsénico es un elemento y un mineral que se encuentra distribuido ampliamente en el ambiente (ATSDR<sup>13</sup>, 2007a), ocupa el lugar número 20 entre los elementos más abundantes de la corteza terrestre y está ampliamente distribuido en rocas y suelos, en las fuentes de agua natural y en pequeñas cantidades en todos los seres vivos (Wang & Mulligan, 2006).

Se encuentra naturalmente en el océano, pero los sedimentos en el fondo del mar filtran el agua de mar, lo que mantiene bajo los niveles de arsénico natural. Sin embargo, el arsénico también es vertido en el mar por las aguas residuales de las plataformas de petróleo y de los vertidos accidentales de petróleo y las fugas de los depósitos de petróleo en el subsuelo (Chávez, 2010).

<sup>13</sup> Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades de Estados Unidos

En animales y en plantas se combina con carbono e hidrógeno para formar compuestos orgánicos de arsénico. Se han encontrado cantidades bajas de arsénico en muchos alimentos, particularmente en la comida de mar. Así mismo, se han encontrado concentraciones más altas de arsénico inorgánico en los moluscos bivalvos (almejas, ostras, mejillones) y en crustáceos (cangrejos y langostas) (ATSDR, 2007a).

Entre los efectos perjudiciales para la salud que se pueden asociar a la ingesta prolongada de arsénico destacan: problemas relacionados con el desarrollo, neurotoxicidad, diabetes y enfermedades cardiovasculares (OMS, 2012).

La contaminación por este elemento puede ser causado por actividades humanas como la minería metálica y la extracción de agua subterránea, y en algunos casos a través de la utilización de los plaguicidas a base de arsénico en la agricultura y la conservación de los bosques. (Centro Internacional de Evaluación de Recursos de Aguas Subterráneas , 2008).

Los autores Wang & Mulligan, en 2006 señalan que la aplicación directa de arsénico en forma de plaguicidas o protectores para madera ha sido históricamente una fuente importante de arsénico para el suelo. Es cierto que el escurrimiento de arsénico proveniente de lugares contaminados podría afectar las reservas de agua dulce y sus ecosistemas asociados, pero la contaminación de aguas subterráneas como resultado de la actividad humana es poco común porque el arsénico tiene una fuerte tendencia a adherirse a las partículas de tierra y los sedimentos. Por el contrario Centro Internacional de Evaluación de Recursos de Aguas Subterráneas auspiciado por la UNESCO <sup>14</sup> en 2008 señala que la liberación natural de arsénico de materiales geológicos se ha convertido en una amenaza para las fuentes de agua potable del mundo.

Se presenta en la naturaleza con mayor frecuencia como sulfuro de arsénico y arsenopirita, que se encuentran como impurezas en los depósitos mineros, o como arsenato y arsenito en las aguas superficiales y subterráneas (Universidad Tecnológica Nacional, 2008). Las actividades mineras pueden incrementar la velocidad de liberación de arsénico a partir de sulfuros minerales porque los exponen a procesos de meteorización durante las tareas de excavación. (Wang & Mulligan, 2006) .

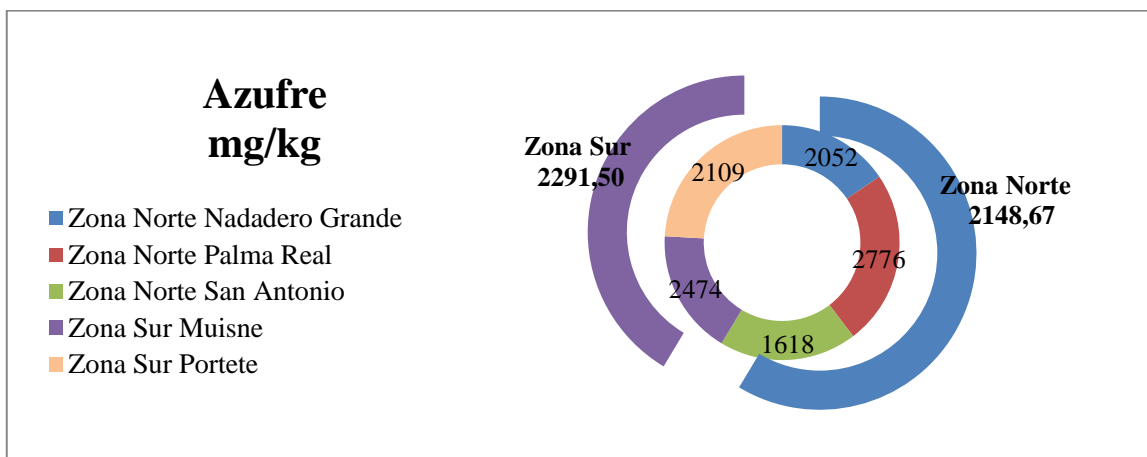
---

<sup>14</sup> Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

Es un subproducto del proceso de la fundición (separación del metal y la roca) de diversos minerales metálicos como el cobalto, níquel, oro, plomo y zinc. (ATSDR, 2007).

✓ *Azufre*

En promedio, la zona sur con 2291,50mg/kg concentra mayor cantidad de Azufre con respecto a la zona norte que concentra el 2148,67. Dentro de la zona norte San Antonio concentra 1618mg/kg, Nadadero Grande 2052mg/kg y Palma Real 2776mg/kg sitio donde se halló la mayor concentración a pesar de que está en la zona norte. En la zona sur los niveles de Muisne son de 2474mg/kg y Portete 2109mg/kg de Azufre (Figura 8).



**Figura 8.** Niveles de Azufre en *Anadara tuberculosa*.

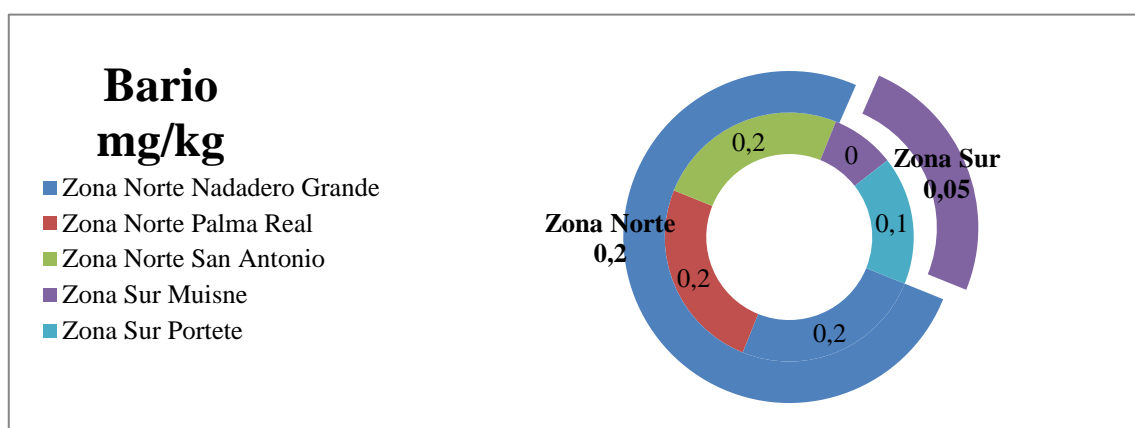
Se trata de un no metal abundante, inodoro, sólido pero frágil, de un color pálido amarillento y que aunque es insoluble en agua, es soluble en forma de disulfuro de carbono. Aunque aún poco se sabe al respecto, cual sea su estado (líquido, gaseoso o sólido) el azufre siempre se manifiesta en más de una forma alotrópica o de modificación, lo cual resulta en numerosas formas de azufre cuyas relaciones no llegan a comprenderse completamente. El azufre es bien abundante en la corteza terrestre, se encuentra como: azufre elemental, sulfuros minerales, sulfatos, H<sub>2</sub>S en el gas natural y como azufre orgánico en aceites combustibles y carbón (Hill y Petrucci, 1996).

El nivel de ingesta diaria dietética para una persona de 70kg es de 850-930 mg, el dato se refiere al nivel de elemento en el ser humano típico de origen natural, que no representa las cantidades diarias recomendadas (Barbalace, 1995).

En general las sustancias sulfurosas pueden tener los siguientes efectos en la salud humana: Efectos neurológicos y cambios comportamentales, alteración de la circulación sanguínea, daños cardíacos, efectos en los ojos y en la vista, fallos en órganos reproductores, daños al sistema inmunitario, desórdenes estomacales y gastrointestinales, daños en las funciones del hígado y los riñones, defectos en la audición, alteraciones del metabolismo hormonal, efectos dermatológicos, asfixia y embolia pulmonar (RdNatural, 2013).

✓ *Bario*

La zona norte predomina las concentraciones de Bario con un promedio de 0,2mg/kg al tener niveles homogéneos de 0,2mg/kg para cada una de sus localidades como son Nadadero grande, Palma Real y San Antonio. En Muisne no se encontró Bario y en Portete apenas 0,1mg/kg lo que representa un promedio de 0,05 mg/kg (Figura 9).



**Figura 9.** Niveles de Bario en *Anadara tuberculosa*.

El Bario es un metal blanco-plateado que existe en el ambiente solamente en minerales que contienen mezclas de elementos. Se combina con otras sustancias químicas, por ejemplo azufre, carbono y oxígeno, para formar compuestos de bario (ATSDR, 2007b). Ocupa el decimoctavo lugar en abundancia en la corteza terrestre, en donde se encuentra en un 0.04%, valor intermedio entre el calcio y el estroncio, los otros metales alcalinotérreos (Lenntech, 2013a).

Los compuestos de bario, por ejemplo el cloruro, nitrato o hidróxido de bario, que se disuelven fácilmente en agua, no permanecen mucho tiempo en el ambiente en estas

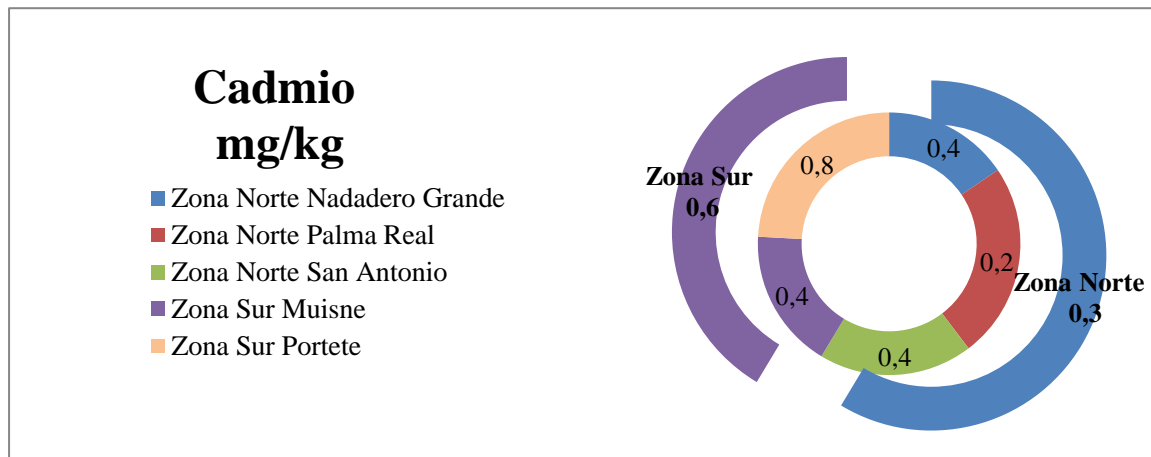
formas. El bario en estos compuestos que está disuelto en el agua se combina rápidamente con sulfato o carbonato que se encuentra naturalmente en el agua y se transforman a las formas que duran mucho tiempo en el ambiente (sulfato de bario y carbonato de bario). Los peces y otros organismos acuáticos pueden acumular bario (ATSDR, 2007b).

Los compuestos del Bario son usados por las industrias del aceite y gas para hacer lubricantes para taladros, también para hacer pinturas, azulejos, vidrio y gomas. Debido al uso extensivo del Bario en las industrias, el Bario ha sido liberado al ambiente en grandes cantidades. Como resultado las concentraciones de Bario en el aire, agua y suelo pueden ser mayores que las concentraciones que ocurren de forma natural en muchos lugares. El Bario es liberado al aire por las minas, proceso de refinado, y durante la producción de compuestos de Bario. Puede entrar también al aire durante la combustión del carbón y aceites. Algunos compuestos del Bario que son liberado durante procesos industriales se disuelven fácilmente en agua y son encontrados en lagos, ríos y arroyos. Debido a sus solubilidades estos compuestos del Bario pueden alcanzar largas distancias desde sus puntos de emisión. Cuando peces y otros organismos acuáticos absorben los compuestos del Bario, el Bario se acumulará en sus cuerpos. Los compuestos del Bario que son persistentes usualmente permanecen en la superficie del suelo, o en el sedimento de las aguas (Lenntech, 2013a).

La cantidad de bario en los alimentos y el agua potable generalmente son demasiado bajas para causar preocupación. La ingestión de una cantidad muy alta de compuestos de bario solubles en agua o en el contenido estomacal produce alteraciones del ritmo cardíaco o parálisis. Algunas personas que no recibieron tratamiento médico enseguida después de ingerir cantidades altas de bario fallecieron. Algunas personas que ingieren cantidades de bario más bajas durante un período breve pueden sufrir vómitos, calambres estomacales, diarrea, dificultad para respirar, alteraciones de la presión sanguínea, adormecimiento de la cara y debilidad muscular (ATSDR, 2007b).

✓ *Cadmio*

Con respecto a Cadmio, el promedio de las concentraciones fueron 0,6mg/kg para la zona sur y 0,3 mg/kg para la zona norte. En Portete de la zona sur se encontró el mayor nivel de Cadmio de 0,8mg/kg mientras que en Palma Real se encontró el nivel más bajo de Cadmio 0,2mg/kg (Figura 10).



**Figura 10.** Niveles de Cadmio en *Anadara tuberculosa*.

El cadmio es un elemento natural de la corteza terrestre. Generalmente se encuentra como mineral combinado con otros elementos tales como oxígeno (óxido de cadmio), cloro (cloruro de cadmio) o azufre (sulfato de cadmio, sulfuro de cadmio). Todos los suelos y rocas, incluso el carbón y abonos minerales, contienen algo de cadmio (ATSDR, 2012a).

La exposición humana del cadmio proviene principalmente de los alimentos, mariscos y vísceras particularmente riñón, que puede tener altos niveles de concentración de cadmio, hasta de 100mg/kg. Una vez absorbido, el cadmio es transportado por la sangre a los diversos órganos y tejidos, principalmente a riñones e hígado, en donde se retiene casi el 50% del cadmio, y a glándulas salivales, páncreas, músculo y sistema nervioso central, en muy bajas concentraciones. La vida media del cadmio en el organismo es muy larga y se calcula entre 10 y 30 años, periodo en el cual permanece almacenado en varios órganos, en particular en el hígado y los riñones en los que se encuentra cerca del 50% de la carga corporal total (Saldivar, Tovar, & Namihira, 1997).

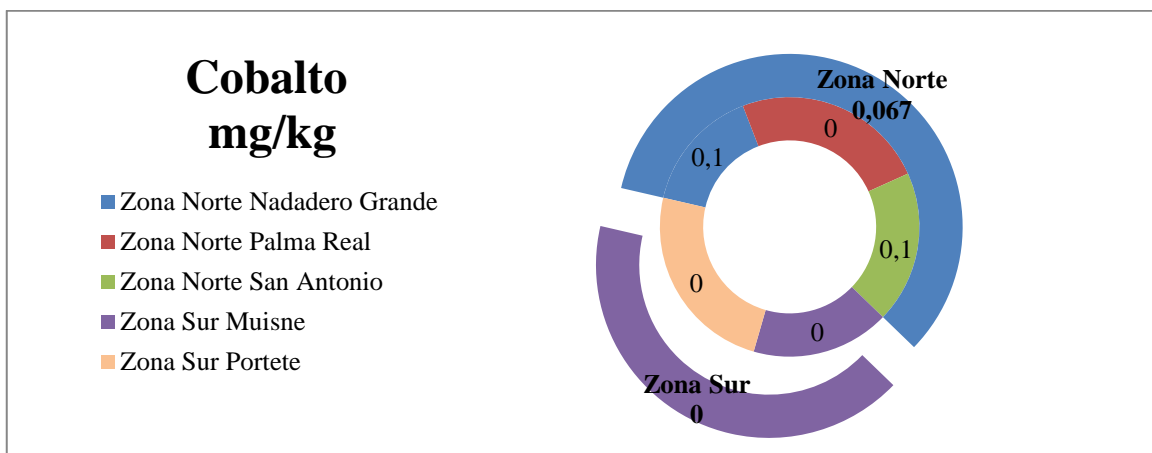
Aquellos alimentos consumidos en grandes cantidades tienen un mayor impacto en la exposición alimentaria al cadmio que aquellos alimentos con mayores contenidos de

cadmio. Así ocurre para las categorías de alimentos generales de cereales y productos a base de cereales (26,9%), hortalizas y productos vegetales (16,0%) y, raíces y tubérculos (13,2%). En cuanto a las categorías de alimentos de forma más detallada, las patatas (13,2%), pan y bollos (11,7%), productos de panadería (5,1%), productos de chocolate (4,3%), hortalizas de hoja (3,9%) y moluscos (3,2%) son los que más contribuyen a la exposición dietética al cadmio. Esta revisión confirma que, aunque los efectos adversos son poco probables en un individuo con la exposición alimentaria actual, es necesario reducir la exposición al cadmio. Tanto los niños como adultos en el percentil 95 pueden superar los valores de referencia toxicológicos actuales (Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición, 2012).

Los usos más habituales de este metal son en la industria de la galvanoplastia, la fabricación de baterías y la estabilización de algunos plásticos, aunque el cadmio se ha utilizado también en la elaboración de algunos plaguicidas y fertilizantes (Gieco & Maté, 2003). El cadmio se encuentra presente en la mayoría de los alimentos siendo más abundante en moluscos bivalvos, y dentro de las carnes en hígados y en riñones (Batán, 2001).

#### ✓ *Cobalto*

En Muisne y Portete de la zona sur no se encuentran niveles de Cobalto, en Palma Real también hay ausencia de Cobalto, mientras que Nadadero Grande y San Antonio presentan una concentración de 0,1mg/kg, valor que da un promedio de 0,067mg/kg de Cobalto para la zona norte (Figura 11).



**Figura 11.** Niveles de Cobalto en *Anadara tuberculosa*.

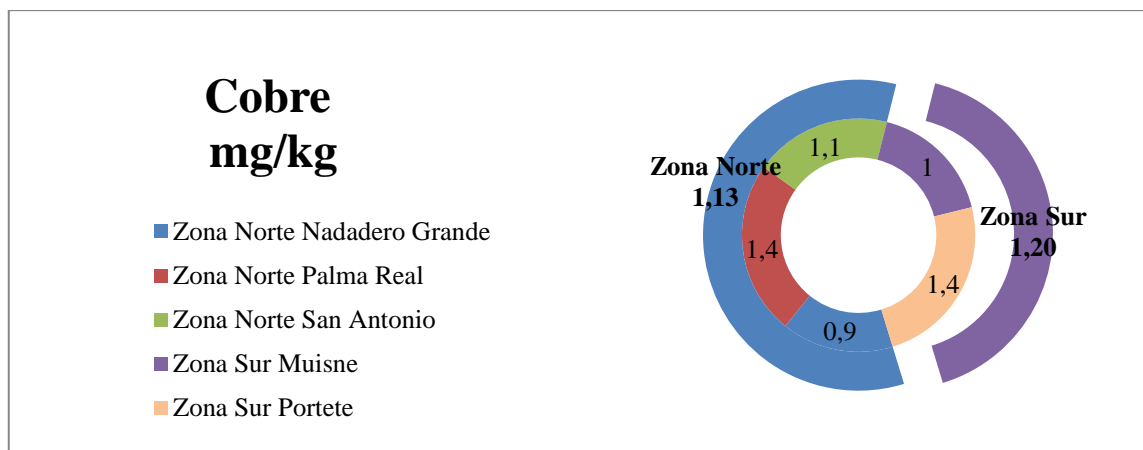
Esta sustancia química figura en la Lista de Sustancias Extremadamente Peligrosas para la Salud (Special Health Hazard Substance List) ya que es un Cancerígeno y es inflamable (Departamento de Salud y Servicios para Personas Mayores de New Jersey, 2005).

El cobalto es un elemento natural que se encuentra en las rocas, el suelo, el agua, plantas y animales. El cobalto se usa para producir aleaciones usadas en la manufactura de motores de aviones, imanes, herramientas para triturar y cortar y articulaciones artificiales para la rodilla y la cadera. Los compuestos de cobalto se usan también para colorear vidrio, cerámicas y pinturas y como secador de esmaltes y pinturas para porcelana. La población general está expuesta a bajos niveles de cobalto en el aire, el agua y los alimentos. El cobalto tiene efectos tanto beneficiosos como perjudiciales sobre la salud. En niveles bajos, es parte de la vitamina B12, sustancia que es esencial para la salud. En niveles altos, puede dañar los pulmones y el corazón. El cobalto entra al ambiente desde fuentes naturales y al quemar carbón o petróleo o durante la producción de aleaciones de cobalto. El cobalto liberado al agua o al suelo se adherirá a partículas. Algunos compuestos de cobalto se pueden disolver en el agua. Los alimentos y el agua potable son las fuentes principales de exposición al cobalto para la población general (ATSDR, 2004a).

Cantidades traza de metales son acumulados en órganos de animales marinos, uno de los metales de importancia es el cobalto el cual se acumula en los músculos de varios peces, este almacenamiento en organismos acuáticos probablemente se debe al contacto con desechos industriales, sin embargo si esta contaminación continua en el futuro, la sobrevivencia de la fauna marina puede dificultarse, y la toxicidad en alimentos provenientes de mar, podría causar problemas severos con respecto a la bioacumulación de cobalto en el organismo del hombre (Quintamar, 2007).

### ✓ *Cobre*

Las localidades de Nadadero Grande, San Antonio y Palma Real concentran 0,9; 1,1 y 1,4mg/kg de Cobre respectivamente, dando una promedio de 1,13mg/kg para la zona norte. La zona sur arrojó un promedio de 1,20mg/kg de Cobre, con 1mg/kg en Muisne y 1,4mg/kg en Portete (Figura 12).



**Figura 12.** Niveles de Cobre en *Anadara tuberculosa*.

El cobre es un elemento metálico de color rojo pardo, brillante, maleable y dúctil; más pesado que el níquel y más duro que el oro y la plata. Provino de las profundidades de la tierra hace millones de años, impulsado por los procesos geológicos que esculpieron nuestro planeta. Al llegar cerca de la superficie dio origen a diversos tipos de yacimientos. Es un metal que ocurre naturalmente en el ambiente en rocas, el suelo, el agua y el aire. Es esencial para plantas y animales (incluso seres humanos), lo que significa que es necesario para la vida. Por lo tanto, las plantas y los animales deben absorber cobre de los alimentos o bebidas que ingieren, o del aire que respiran. Los compuestos de cobre son usados comúnmente en la agricultura para tratar enfermedades de las plantas, como el moho, para tratar agua, y como preservativos para alimentos, cueros y telas. Todo el mundo debe absorber pequeñas cantidades de cobre diariamente debido a que el cobre es esencial para la salud. Los niveles altos de cobre pueden ser dañinos (ATSDR, 2004b).

En la actualidad la mayor parte del cobre disponible aparece disperso en grandes áreas, mezclado con material mineralizado y con roca estéril. Estos son los yacimientos porfíricos, que sólo pudieron ser explotados cuando se desarrollaron las habilidades metalúrgicas necesarias para separar y recuperar el metal. Hay una gran cantidad de compuestos que contienen Cobre, que se clasifican en dos grupos: los minerales sulfurados y los minerales oxidados (Icarito, 2011).

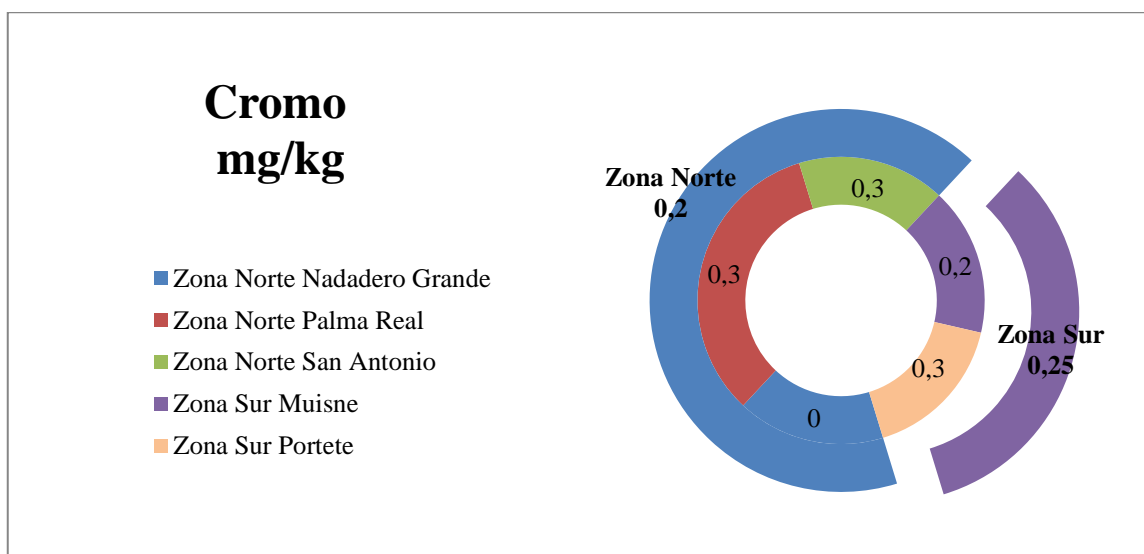
La Fuente natural o minerales metálicos del cobre son: Metal libre ( $C^0$ ), Sulfuro de cobre ( $CuS_2$ ), Calcopirita ( $CuFeS_2$ ), drenaje de minas. Y las fuentes antrópicas son: Minería y fundición, manufactura metálica, industria microelectrónica, tratamiento de la

madera, depósitos de desechos y escombreras metálicas, industria pirometalúrgica, estiércol de cerdos, plaguicidas, residuos (Adriano & Domy, 2001).

Aunque los humanos pueden manejar concentraciones de Cobre proporcionalmente altas, mucho Cobre puede también causar problemas de salud. La mayoría de los compuestos del Cobre se depositarán y se enlazarán tanto a los sedimentos del agua como a las partículas del suelo. Compuestos solubles del Cobre forman la mayor amenaza para la salud humana. Usualmente compuestos del Cobre solubles en agua ocurren en el ambiente después de liberarse a través de aplicaciones en la agricultura. Otros ejemplos son la minería, la producción de metal, la producción de madera y la producción de fertilizantes fosfatados. El Cobre es a menudo encontrado cerca de minas, asentamientos industriales, vertederos y lugares de residuos. No se sabe si el cobre puede producir cáncer en seres humanos. La EPA ha determinado que el cobre no es clasificable en cuanto a carcinogenicidad en seres humanos (ATSRD, 2007b).

#### ✓ *Cromo*

Se registra ausencia de Cromo en la localidad de Nadadero Grande, en Palma Real y San Antonio el valor de concentración es 0,3mg/kg en la zona norte dando un promedio de 0,2mg/kg, mientras que en la zona sur con 0,3 mg/kg en Portete y con 0,2mg/kg Muisne promedian 0,25mg/kg (Figura 13).



**Figura 13.** Niveles de Cromo en *Anadara tuberculosa*.

El cromo es un elemento natural que se encuentra en rocas, animales, plantas y el suelo. Puede existir en varias formas diferentes. Dependiendo de la forma que toma, puede encontrarse en forma de líquido, sólido o gas. Las formas más comunes son el cromo (0), cromo (III) y cromo (VI). Los compuestos de cromo no tienen ningún sabor u olor especial.

El cromo metálico, que es la forma de cromo (0), se usa en la fabricación de acero. El cromo (VI) y el cromo (III) se usan en cromado, colorantes y pigmentos, curtido de cuero y preservación de madera. Se puede encontrar en el aire, el suelo y el agua luego de ser liberado durante su manufactura o la manufactura, uso o disposición de productos de cromo. Generalmente no permanece en la atmósfera, sino que se deposita en el suelo y el agua, se puede fácilmente transformarse de una forma a otra en el agua y el suelo, dependiendo de las condiciones presentes (ATSDR, 2012b).

Son numerosas las citas bibliográficas en relación a la procedencia del cromo desde diversas fuentes antropogénicas, tales como fertilizantes, excrementos de ganado, curtiembres, entre otros (Guertin, Jacobs, & Avakian, 2005).

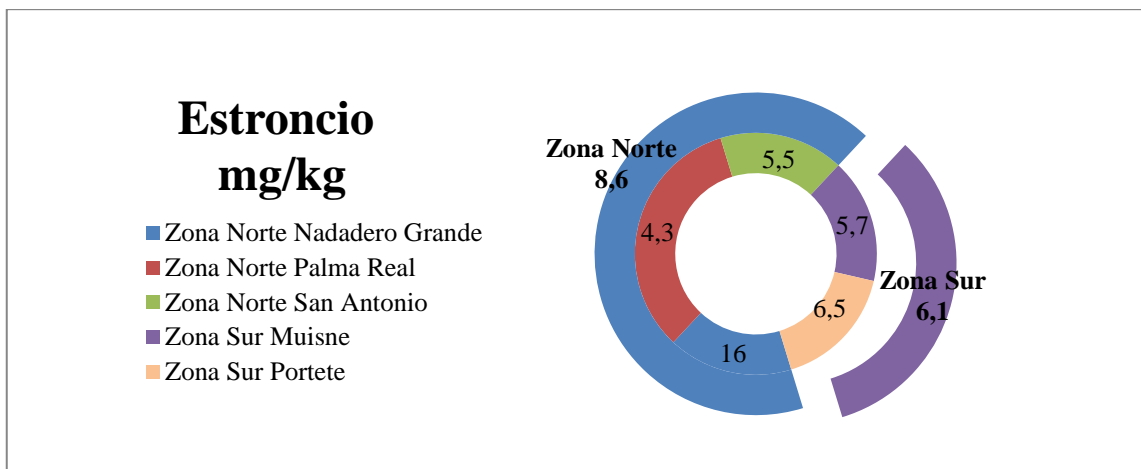
Los alimentos constituyen para el hombre la fuente ambiental de cromo natural más importante. Aportes superiores proporcionados por otros medios como aire y agua, habitualmente se deben a contaminación artificial, correspondiendo principalmente a cromo hexavalente. La presencia del cromo en los alimentos es muy variable, con rangos entre 20 y 600 mg/kg. Se presentan valores de 20-50 mg/kg en las verduras, 20 mg/kg en las frutas, 40 mg/kg en los cereales y 20-200 mg/kg en algunos alimentos marinos. Se estima que la ingestión diaria de cromo en condiciones normales puede variar de 5 a 500 mg, con un valor promedio diario de 100-300 mg. Cantidades adicionales pueden ser causadas por la contaminación antropogénica del ambiente en general (Guidelines for Canadian Drinking Water Quality, 1978).

En la tesis doctoral "Evaluación de la contaminación por cromo en un sistema fluvial de Chile Central" (Tapia, 1997) cita a Bruhn en 1997 detallando que en el agua los niveles naturales de cromo son bajos alcanzando en los ríos concentraciones de cromo que varían entre 0.1 a 5 mg/L. En el océano, las concentraciones son inferiores a 5 mg/L. Las actividades y efluentes industriales son los principales contaminantes de los cursos

de agua llegando a elevar las concentraciones de cromo por sobre 25 mg/L. En los alimentos la ingesta diaria no debe exceder de 0,03-0,1 mg/día.

✓ *Estroncio*

Con 16 mg/kg en Nadadero Grande, 4,3 mg/kg en Palma Real y 5,5 mg/kg en San Antonio, la zona norte tiene un promedio de 8,6 mg/kg de Estroncio. Con 5,7mg/kg en Muisne y 6,5mg/kg en Portete la zona sur tiene una concentración promedio de 6,1mg/kg (Figura 14).



**Figura 14.** Niveles de Estroncio en *Anadara tuberculosa*.

El estroncio es un elemento natural que se encuentra en rocas, el suelo, polvo, carbón y petróleo. El estroncio natural no es radiactivo y se conoce como estroncio estable o simplemente estroncio. El estroncio es el menos abundante de los metales alcalinotérreos. La corteza de la Tierra contiene el 0.042% de estroncio, y este elemento es tan abundante como el cloro y el azufre.

La utilización del estroncio y sus compuestos comprende un amplio conjunto de sectores de producción y manufacturados: electrónica, telecomunicación e informática (pantallas de TV, ordenadores, radar, semiconductores, dieléctricos, resistores, monocristales), metalurgia y aleaciones (moldes, productos de soldadura, tratamiento de aceros, refinado electrolítico), automoción y otros: imanes de ferritas cerámicas, acumuladores eléctricos, refinado de azúcar, electrólisis del cinc, productos pirotécnicos para uso civil o militar, cerámica, sanitarios, vidrio, pigmentos, pinturas, grasas, industria química, farmacopea, lodos de sondeo,

preparación de rayón, gemas sintéticas, isótopos artificiales para generadores iónicos de electricidad o radiología.

Los compuestos del estroncio que son insolubles en agua pueden llegar a ser solubles en agua, como resultado de reacciones químicas. Los compuestos solubles en agua constituyen una mayor amenaza para la salud de los humanos que los compuestos insolubles en agua. Además, las formas solubles del Estroncio tienen la oportunidad de contaminar el agua.

Las concentraciones de Estroncio en las comidas contribuyen a que el estroncio se acumule en el cuerpo humano. Productos comestibles que contienen suficientemente altas concentraciones de estroncio son los cereales, vegetales de hojas y productos lácteos. Para la mayoría de la gente, el estroncio se tomará de forma moderada. El único compuesto del Estroncio que es considerado peligroso para la salud humana, incluso en pequeñas cantidades, es el cromato de estroncio. El Cromo tóxico que este contiene es el que causa la toxicidad del compuesto. El cromato de estroncio es conocido por causar cáncer de pulmón, pero el riesgo de exposición ha sido reducido por los procedimientos de seguridad de las compañías, así que no es un riesgo importante para la salud (IGME<sup>15</sup>, 2003).

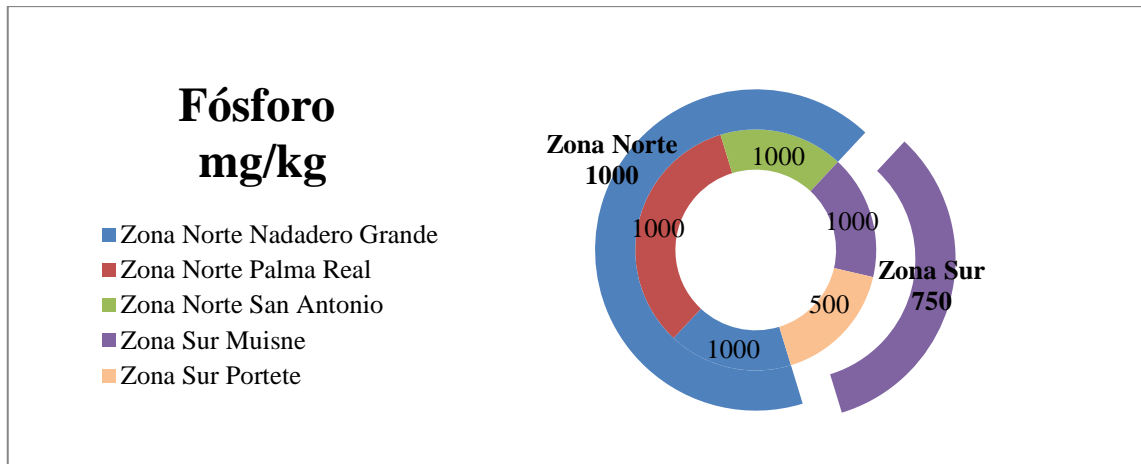
Cuando el Estroncio es tomado en alta cantidad, esto puede causar problema en el desarrollo de huesos. Pero este efecto sólo ocurre cuando el Estroncio es tomado en concentración de miles de ppm. Debido a la naturaleza del Estroncio, algo de él puede terminar en peces, vegetales, animales de granja y otros animales (Emsley, 2001). Los niveles de Estroncio en la comida y agua no son suficientemente altos para ser capaz de producir estos efectos (Lenntech, 2013b).

#### ✓ *Fósforo*

Con valores homogéneos de 1000 mg/kg para Palma Real, San Antonio y Nadadero Grande, la concentración promedial de la zona norte es 1000mg/kg mientras que la concentración de la zona sur es de 750mg/kg con 1000mg/kg en Muisne y 500mg/kg en Portete (Figura 15).

---

<sup>15</sup> Dirección General de Política Energética y Minas de España



**Figura 15.** Niveles de Fósforo en *Anadara tuberculosa*.

El estado del fósforo en su forma natural es sólido (diamagnético). El fósforo es un elemento químico de aspecto incoloro, rojo o blanco plateado y pertenece al grupo de los no metales. El fósforo es un mineral que nuestro organismo necesita para su correcto funcionamiento y se puede encontrar en los alimentos.

Las formas en las que se utiliza fosforo son las siguientes:

- Los fosfatos se utilizan para hacer vidrio especial que se utiliza como en las lámparas de sodio.
- El fósforo es un nutriente esencial para las plantas, por lo que se añade a los fertilizantes.
- El fosfato de calcio se puede utilizar para hacer porcelana fina.
- Las cabezas de las cerillas están hechos de fósforo. Las bengalas y los fósforos de seguridad también están hechos de fósforo.
- El fósforo blanco se usa en bombas incendiarias, cortinas de humo (por ejemplo, bombas de humo) y en munición trazadora.
- El fósforo es un componente importante de ADN y ARN.
- El fósforo se utiliza en la producción de acero.
- El tripolifosfato de sodio se utiliza en detergentes para ropa en algunas partes del mundo. Esto ayuda en la limpieza de la ropa. Sin embargo, algunos países han

prohibido ya que conduce a la muerte de los peces cuando se filtra hacia las vías fluviales.

- Otros compuestos de fósforo se utilizan en la fabricación de pesticidas, aditivos alimentarios, dentífrico y fertilizantes. (Elementos, 2013).

No se encuentra en estado elemental, siempre está combinado y fundamentalmente en forma de fosfatos. En los seres vivos se encuentra en microorganismos marinos, huesos y dientes de vertebrados en forma de fosfato de calcio. El guano de las aves marinas y algunos minerales ferrosos lo contienen. El ácido ortofosfórico o fosfórico es un ácido de fuerza media. Se emplea en la fabricación de superfosfatos (fertilizantes), medicamentos y como acidificante (Jiménez, Elementos Nitrogenados, 2012).

La proporción de fósforo en la materia viva es relativamente pequeña, aunque el papel que desempeña es vital. El fósforo es el principal factor limitante del crecimiento para los ecosistemas, porque el ciclo del fósforo está principalmente relacionado con el movimiento del fósforo entre los continentes y los océanos. Su reserva fundamental en la naturaleza es la corteza terrestre y en los depósitos de rocas marinas. Por meteorización de las rocas o sacado por las cenizas volcánicas, queda disponible para que lo puedan tomar las plantas. Con facilidad es arrastrado por las aguas y llega al mar. Parte del que es arrastrado sedimenta al fondo del mar y forma rocas que tardarán millones de años en volver a emerger y liberar de nuevo las sales de fósforo (TECNUN<sup>16</sup>, 2013).

Los fosfatos tienen muchos efectos sobre los organismos. Los efectos son mayormente consecuencias de las emisiones de grandes cantidades de fosfatos en el ambiente debido a la minería y los cultivos. Durante la purificación del agua los fosfatos no son a menudo eliminados correctamente, así que pueden expandirse a través de largas distancias cuando se encuentran en la superficie de las aguas.

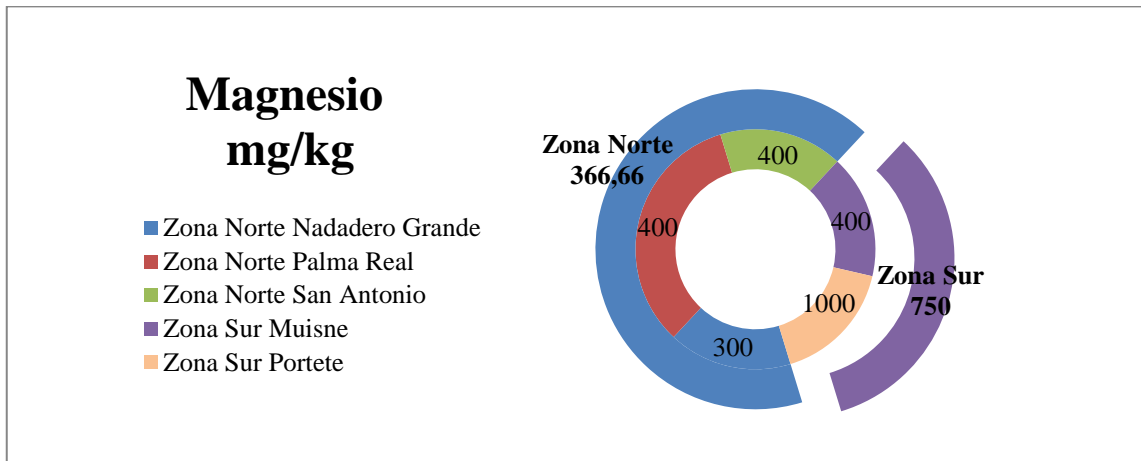
Debido a la constante adición de fosfatos por los humanos y que exceden las concentraciones naturales, el ciclo del fósforo es interrumpido fuertemente (Lenntech, 2013c).

---

<sup>16</sup> Escuela Superior de Ingenieros de España

### ✓ *Magnesio*

El valor más elevado de concentración de Magnesio se encuentra en la zona sur y lo tiene la localidad de Portete con 1000mg/kg, seguido de 400mg/kg en Muisne dando un promedio de 750mg/kg, las localidades de Palma Real y San Antonio tienen un valor de 400mg/kg y Nadadero Grande concentra un valor de 300mg/kg dando un promedio de 366,66mg/kg para la zona norte (Figura 16).



**Figura 16.** Niveles de Magnesio en *Anadara tuberculosa*.

Elemento químico, metálico, de símbolo Mg, es blanco plateado y muy ligero, se conoce desde hace mucho tiempo como el metal estructural más ligero en la industria, debido a su bajo peso y capacidad para formar aleaciones mecánicamente resistentes.

Es muy abundante en la naturaleza, y se halla en cantidades importantes en muchos minerales rocosos, como la dolomita, magnesita, olivina y serpentina. Además se encuentra en el agua de mar, salmueras subterráneas y lechos salinos. Es el tercer metal estructural más abundante en la corteza terrestre, superado solamente por el aluminio y el hierro. El magnesio se utiliza principalmente en forma de aleación, para componentes de aviones, barcos, automóviles y herramientas de mano que requieren resistencia y ligereza al mismo tiempo (Lenntech, 2013d).

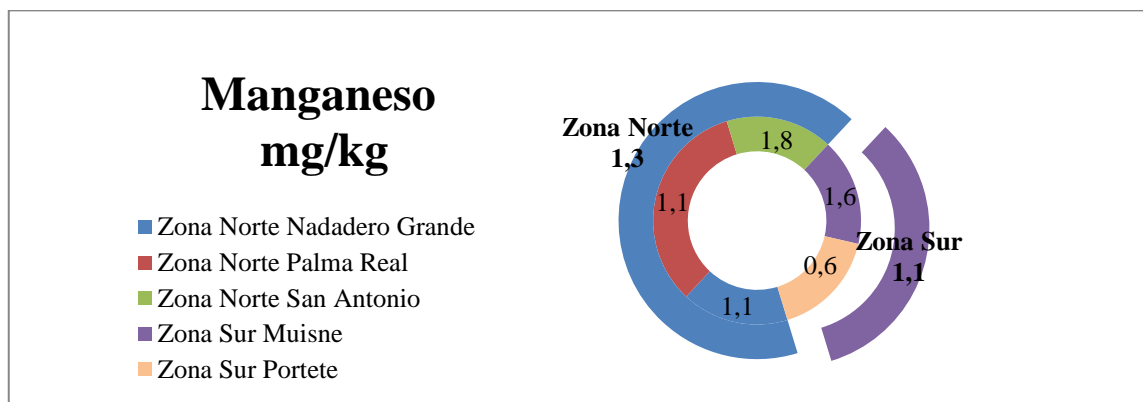
El óxido de magnesio se utiliza como componente de piensos animales, fertilizantes, aislantes, placas para la construcción de tabiques, aditivos del petróleo y resistencias eléctricas. Otros compuestos importantes del magnesio son: el cloruro y el sulfato de magnesio. El cloruro de magnesio es un componente de los extintores de incendios y objetos cerámicos.

El sulfato de magnesio en cambio tiene varios usos en la industria textil, como el apresto del algodón y la seda, el tratamiento de los tejidos para hacerlos incombustibles y el estampado del algodón. Además, se utiliza en fertilizantes, explosivos, cerillas, agua mineral, cerámica y cosméticos y en la fabricación de la madreperla y el papel satinado.

El magnesio y las aleaciones que contienen un 85 % del metal pueden considerarse conjuntamente por lo que se refiere a sus propiedades toxicológicas. En la industria, su toxicidad se considera baja. Los compuestos utilizados con más frecuencia, la magnesita y la dolomita, pueden irritar el aparato respiratorio (Nordberg & Sunderman, 2001).

✓ *Manganeso*

De un promedio de 1,3mg/kg de Manganeso encontrado en este estudio, aportan la localidad de Nadadero Grande y Palma Real con 1,1mg/kg y San Antonio con 1,8mg/kg en la zona norte. Portete concentra 0,6mg/kg y Muisne 1,6mg/kg promediando 1,1mg/kg de Manganeso (Figura 17).



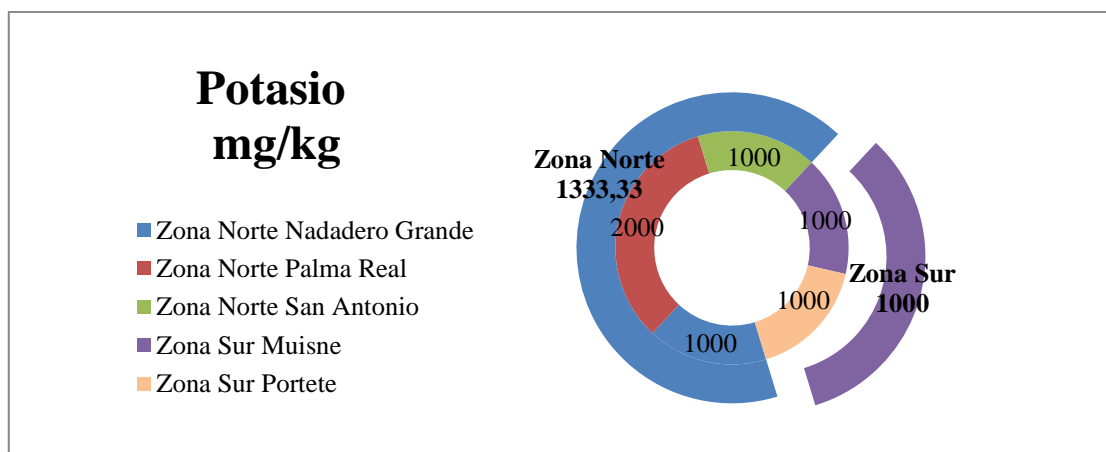
**Figura 17.** Niveles de Manganeso en *Anadara tuberculosa*.

El manganeso (Mn) es uno de los elementos más abundantes de la corteza terrestre. Se encuentra en la tierra, los sedimentos, las rocas, el agua y los productos biológicos. Al menos un centenar de minerales contienen manganeso. Entre los minerales que contienen manganeso, los óxidos, carbonatos y silicatos son las formas más importantes. El manganeso puede presentarse en ocho estados de oxidación diferentes, de los que los más importantes son: +2, +3 y +7. El dióxido de manganeso (MnO<sub>2</sub>) es el óxido más estable. La fuente comercial más importante de manganeso es el dióxido de manganeso (MnO<sub>2</sub>), que se encuentra naturalmente en depósitos sedimentarios de

pirolusita<sup>17</sup>. Algunas sales de manganeso se utilizan como fertilizantes y como secantes para el aceite de linaza, en la fabricación de vidrio, como decolorantes de textiles y en el curtido de pieles. En situaciones laborales, el manganeso se absorbe principalmente por inhalación. El dióxido de manganeso y otros compuestos de manganeso utilizados o producidos como subproductos volátiles del proceso de refinado del metal son prácticamente insolubles en agua (Nordberg & Sunderman, 2001).

### ✓ *Potasio*

A excepción de Palma Real que posee el valor 2000mg/kg de Potasio, las localidades restantes: Nadadero Grande, San Antonio, Muisne y Portete; concentran un valor de 1000mg/kg de Potasio, perteneciendo las 3 primeras localidades a la zona norte con un promedio de 1333,33mg/kg y las 2 últimas localidades a la zona sur con 1000mg/kg del promedio de Potasio encontrado en el estudio (Figura 18).



**Figura 18.** Niveles de Potasio en *Anadara tuberculosa*.

Elemento químico, símbolo K, ocupa un lugar intermedio dentro de la familia de los metales alcalinos después del sodio y antes del rubidio. Este metal reactivo es ligero y blando. Se parece mucho al sodio en su comportamiento en forma metálica.

El cloruro de potasio se utiliza principalmente en mezclas fertilizantes. Sirve también como material de partida para la manufactura de otros compuestos de potasio.

El hidróxido de potasio se emplea en la manufactura de jabones líquidos y el carbonato de potasio para jabones blandos. El carbonato de potasio es también un material de

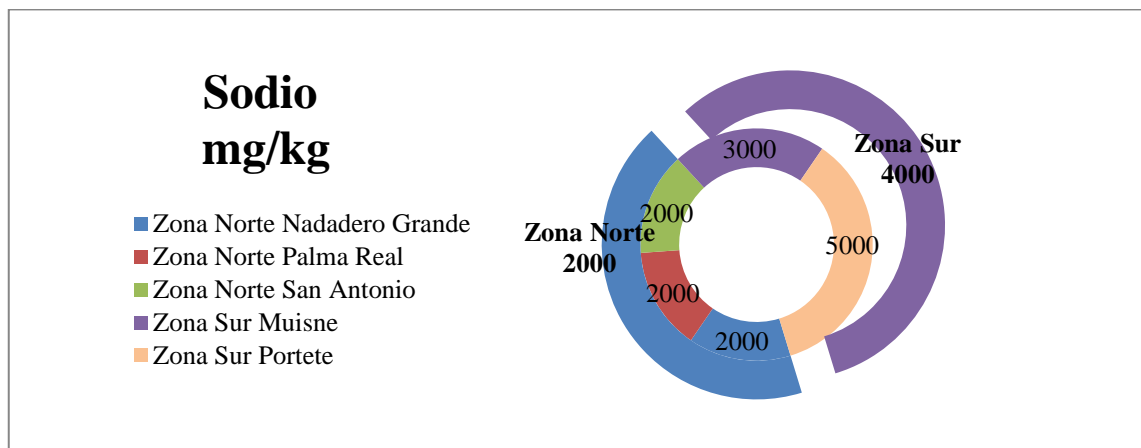
<sup>17</sup> Mineral del grupo de los óxidos

partida importante en la industria del vidrio. El nitrato de potasio se utiliza en fósforos, fuegos pirotécnicos y en artículos afines que requieren un agente oxidante.

El potasio es un elemento muy abundante y es el séptimo entre todos los elementos de la corteza terrestre; el 2.59% de ella corresponde a potasio en forma combinada. El agua de mar contiene 380 ppm, lo cual significa que el potasio es el sexto más abundante en solución. Es más reactivo aún que el sodio y reacciona vigorosamente con el oxígeno del aire para formar el monóxido,  $K_2O$ , y el peróxido,  $K_2O_2$ . El potasio puede ser encontrado en vegetales, frutas, patatas, carne, pan, leche y frutos secos. Juega un importante papel en los sistemas de fluidos físicos de los humanos y asiste en las funciones de los nervios. Cuando nuestros riñones no funcionan bien se puede dar la acumulación de potasio, esto puede llevar a cabo una perturbación en el ritmo cardiaco (Lenntech, 2013).

#### ✓ Sodio

Las localidades de la zona norte presentan homogeneidad en sus concentraciones de Sodio, al arrojar el valor de 2000mg/kg para Nadadero Grande, Palma Real y San Antonio, promediando un valor de 2000mg/kg. En la zona sur el total del promedio es de 4000mg/kg de los cuales 3000mg/kg es de Muisne y 5000mg/kg es de Portete (Figura 19).



**Figura 19.** Niveles de Sodio en *Anadara tuberculosa*.

Durante millones de años el sodio se ha desprendido de rocas y suelos, para ir a parar a los océanos. El agua de mar contiene aproximadamente 11 ppm de sodio. Los ríos contienen sólo una concentración media de 9 ppm. El agua potable suele contener alrededor de 50 mg/L de sodio. Este valor es claramente más alto para el agua mineral. El sodio en disolución se encuentra en forma de iones  $\text{Na}^+$ .

Los compuestos de sodio finalizan de forma natural en el agua. Como se mencionó anteriormente, el sodio procede de rocas y de suelos. Además del mar, también encontramos concentraciones significantes de sodio en los ríos y en los lagos. Sin embargo estas concentraciones son mucho más bajas, su valor depende de las condiciones geológicas y de la contaminación por aguas residuales.

Los compuestos del sodio se utilizan en muchos procesos industriales, y en muchas ocasiones van a parar a aguas residuales de procedencia industrial. Se aplican en metalurgia y como agente refrigerante para reactores nucleares. El nitrato de sodio se aplica frecuentemente como un fertilizante sintético.

Alrededor del 60% de sodio se utiliza en industrias químicas, donde se convierte en cloro gas, hidróxido de sodio o carbonato de sodio, y alrededor del 20% del sodio se utiliza en la industria alimentaria.

El hidróxido de sodio se utiliza para prevenir obturaciones en tuberías, y el carbonato de sodio se aplica en la purificación del agua para neutralizar ácidos. El bicarbonato de sodio es un constituyente de la levadura, y se aplica en la industria textil, industrias del cuero y en industrias de jabones.

Al sodio se le atribuye un riesgo de nivel 2, en otras palabras el sodio supone cierto riesgo cuando está presente en el agua. Sin embargo el cloruro de sodio no supone riesgo y se le atribuye el tipo nivel 1. El sodio es un mineral de alimentación para los animales, las plantas apenas contienen sodio, está presente en el cuerpo humano en cantidades en torno a los 100g. Es un mineral de alimentación parcialmente responsable de funciones del sistema nervioso.

Generalmente, los seres humanos requieren alrededor de 300 mg de cloruro de sodio al día para garantizar un nivel de sodio adecuado (Lenntech, 2013).

✓ *Vanadio*

Las localidades de la zona sur no presentan niveles de vanadio, mientras que la zona norte tiene un promedio de 0,23mg/kg con ausencia de Vanadio en Nadadero Grande, 0,5mg/kg en Palma Real y 0,2mg/kg en San Antonio (Figura 20).



**Figura 20.** Niveles Vanadio de en *Anadara tuberculosa*.

Los minerales de vanadio (V) más importantes son la patronita (sulfuro de vanadio), que se encuentra en Perú, y la descloizita (vanadato de plomo-zinc), en Sudáfrica. Otros minerales, como la vanadinita, la roscolita y la carnotita, contienen vanadio en cantidad suficiente para que la extracción sea rentable.

El petróleo crudo puede contener pequeñas cantidades de vanadio y los depósitos de gases de combustión de los hornos caldeados con petróleo pueden contener más de un 50 % de pentóxido de vanadio. Otra fuente del metal son las escorias de ferrovanadio. Una de las fuentes más importantes de exposición al vanadio para el hombre son los óxidos de vanadio liberados al quemar combustibles de petróleo. Algunos compuestos de vanadio tienen un uso limitado en la industria: el sulfato de vanadio ( $VSO_4 \cdot 7H_2O$ ) y el tetracloruro de vanadio ( $VCl_4$ ) se utilizan como mordientes en tintorería; los silicatos de vanadio como catalizadores; y el dióxido ( $VO_2$ ) y el trióxido de vanadio ( $V_2O_3$ ) en la industria metalúrgica. Sin embargo, los compuestos de vanadio más importantes desde el punto de vista de sus riesgos para la salud son el pentóxido de vanadio ( $V_2O_5$ ) y el metavanadato amónico ( $NH_4VO_3$ ).

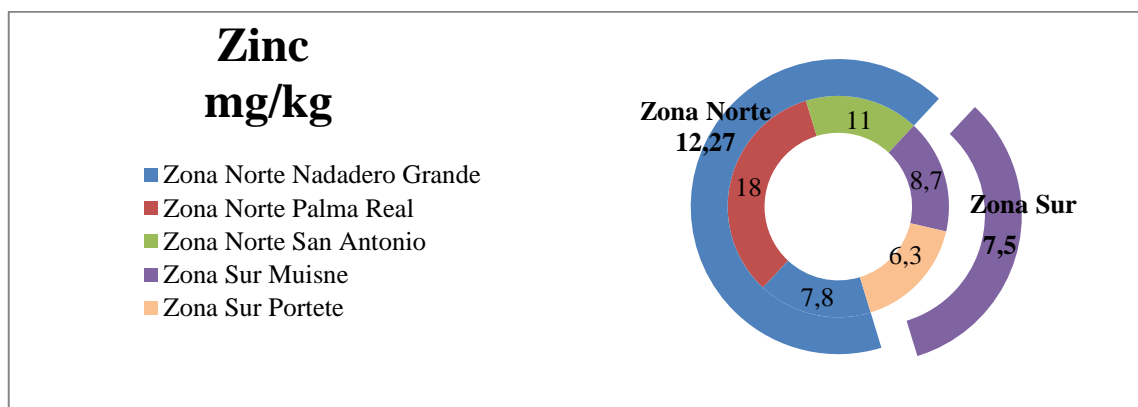
El pentóxido de vanadio se obtiene de la patronita. Durante mucho tiempo se utilizó como importante catalizador industrial en varios procesos de oxidación, como los que intervienen en la fabricación de los ácidos sulfúrico, ftálico, maléico, etc., así como en

el revelado de fotografía y como agente de tinción en la industria textil. Tiene aplicación asimismo para la coloración de materiales cerámicos.

El metavanadato amónico se utiliza como catalizador del mismo modo que el pentóxido de vanadio, como reactivo en química analítica y como revelador fotográfico. También se usa para la tinción y estampado de tejidos (Nordberg & Sunderman, 2001).

✓ *Zinc*

Las concentraciones de Zinc en la zona norte de la provincia con un promedio de 12,27mg/kg presentaron valores superiores a los de la zona sur con 7,5mg/kg de Zinc. La localidad con mayor concentración de la zona norte fue Palma Real con 18mg/kg, seguido de San Antonio con 11mg/kg y Nadadero Grande con 7,8mg/kg. En la zona sur en cambio la localidad con mayor concentración fue Muisne con 8,7mg/kg y Portete presentó un valor de 6,3mg/kg (Figura 21).



**Figura 21.** Niveles de Zinc en *Anadara tuberculosa*.

El zinc (Zn) se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza y constituye aproximadamente un 0,02 % de la corteza terrestre. Adopta la forma de sulfuro (esfalerita), carbonato, óxido o silicato (calamina) de zinc, combinado con muchos minerales.

El cromato de zinc ( $ZnCrO_4$ ), o amarillo de zinc, se produce por la acción del ácido crómico sobre la pasta de óxido de zinc o el hidróxido de zinc. Se utiliza en pigmentos, pinturas, barnices y lacas, y en la fabricación del linóleo. También se emplea como inhibidor de la corrosión para metales y laminados epoxi.

El cianuro de zinc ( $Zn(CN)_2$ ) se obtiene por precipitación de una solución de sulfato o cloruro de zinc con cianuro potásico. Se utiliza para electrodeposición sobre metales y

en el proceso de extracción del oro. Tiene aplicación también como reactivo químico y pesticida. El sulfato de zinc ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ), o vitriolo blanco, se obtiene por calcinación de la blenda o por la acción del ácido sulfúrico sobre el zinc o el óxido de zinc. Se utiliza como astringente, conservante de pieles y maderas, decolorante de papel, adyuvante de pesticidas y fungicida. Se emplea también como agente incombustible y tensoactivo en el proceso de flotación por espuma. Otro uso es el tratamiento del agua y la tinción y estampado de tejidos. El sulfuro de zinc se utiliza como pigmento para pinturas, lienzos, cuero, tintas, lacas y cosméticos.

El fosfuro de zinc ( $Zn_3P_2$ ) se obtiene haciendo pasar fosfina a través de una solución de sulfato de zinc. Se emplea principalmente como rodenticida.

El zinc es un nutriente esencial. Es un componente de las metaloenzimas que participan en el metabolismo de los ácidos nucleicos y en la síntesis de las proteínas. El zinc no se acumula en el organismo y los expertos en nutrición recomiendan una ingesta diaria mínima de zinc. Su absorción es más fácil a partir de proteínas animales que de productos vegetales (Nordberg & Sunderman, 2001).

#### *3.4 Exposición, riesgo potencial y tasa de consumo*

En la figura 22, se observa la exposición en mg por kg de metal consumido al día de los elementos Vanadio, Arsénico, Manganeso, Cobre, Cadmio, Cromo, Bario y Cobalto.

En la figura 23 muestra la variación entre la exposición de Sodio, Potasio, Magnesio, Fósforo y Azufre mientras que en la figura 24 se muestra la exposición en mg de metal por kg al día de Zinc y Estroncio para niños, mujeres y hombres.

# Exposición

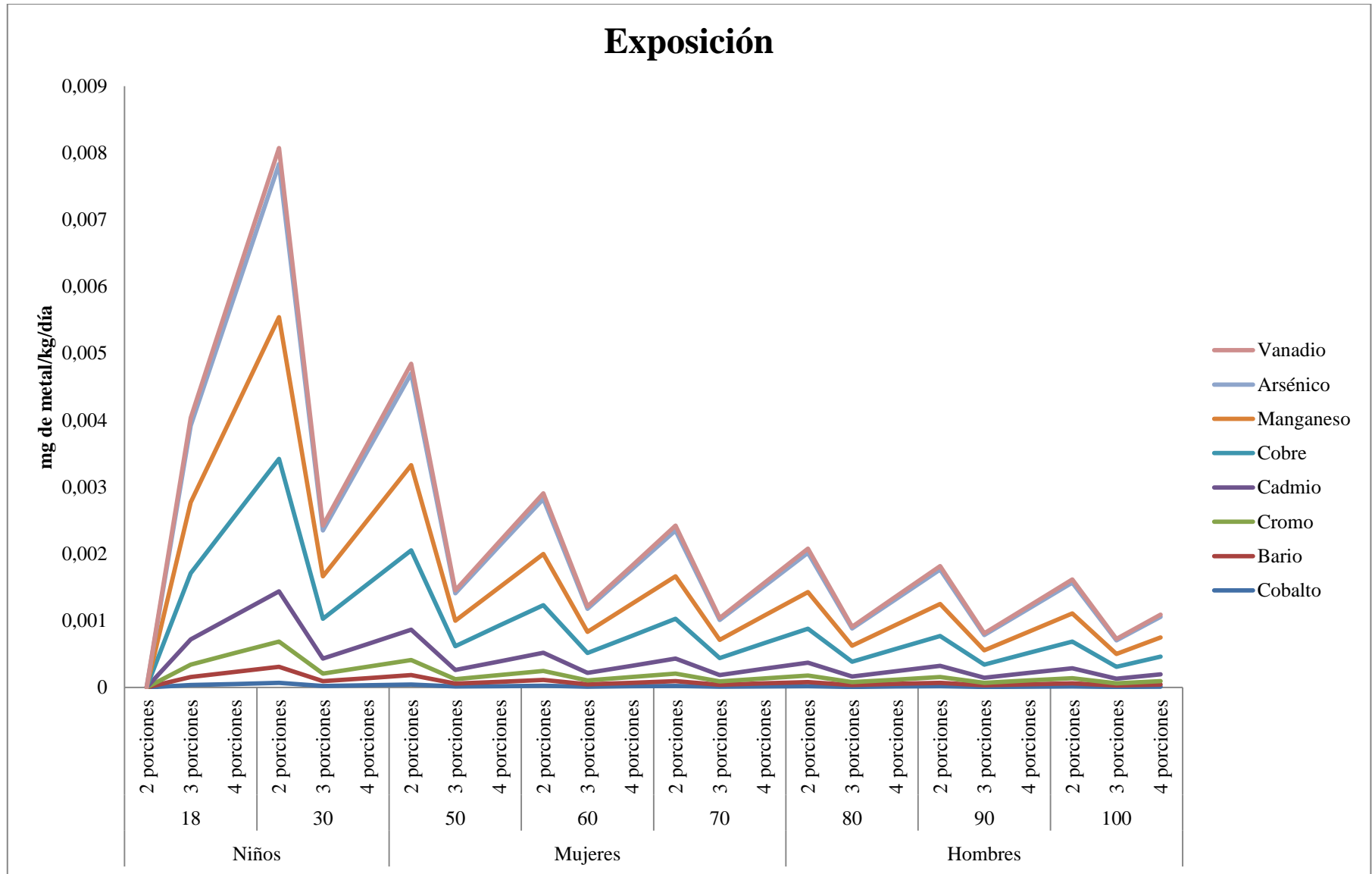
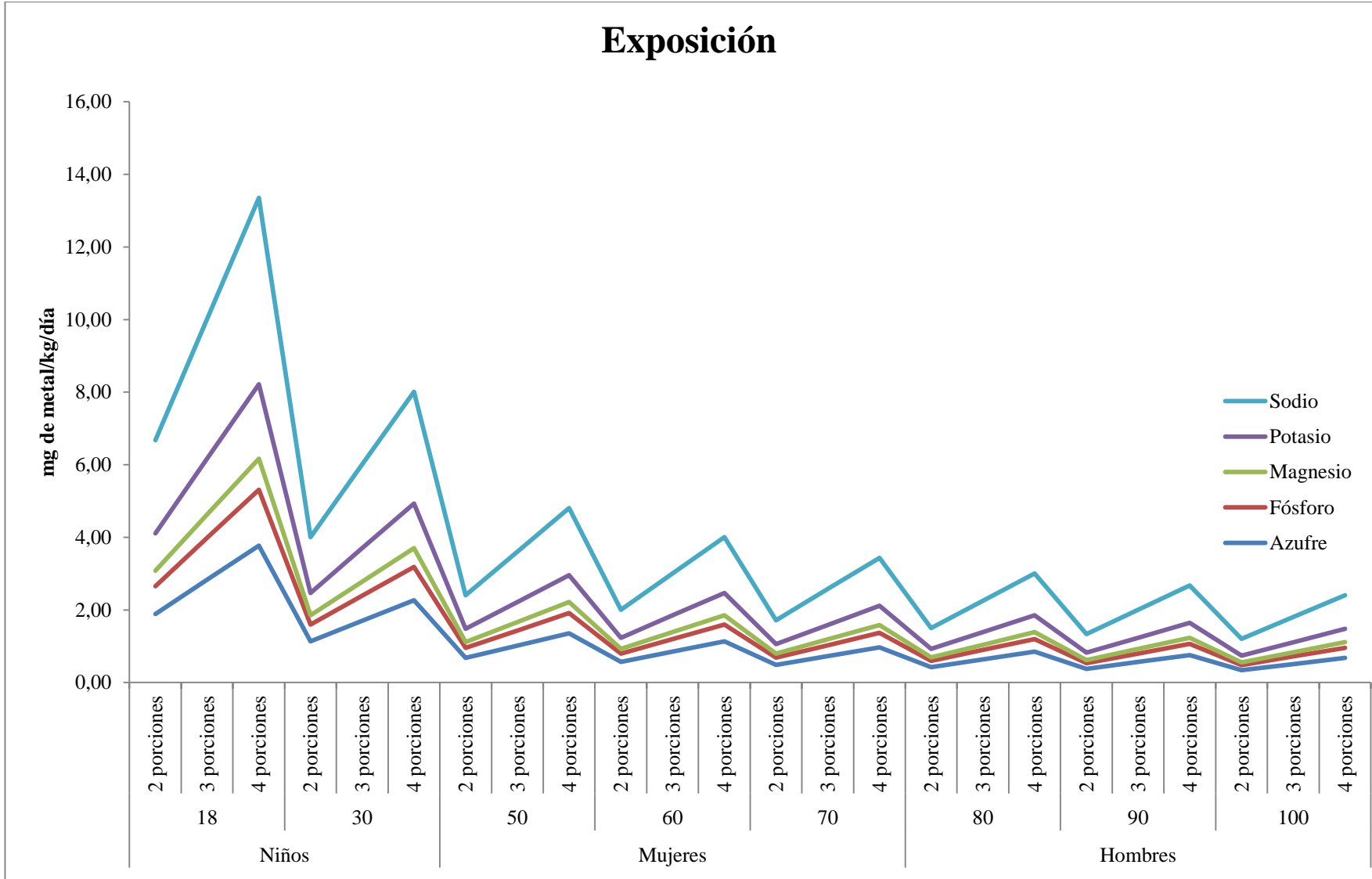


Figura 22. Niveles de exposición en mg de metal por kg al día



**Figura 23.** Niveles de exposición en mg de metal por kg al día para Sodio, Potasio, Magnesio, Fósforo y Azufre

# Exposición

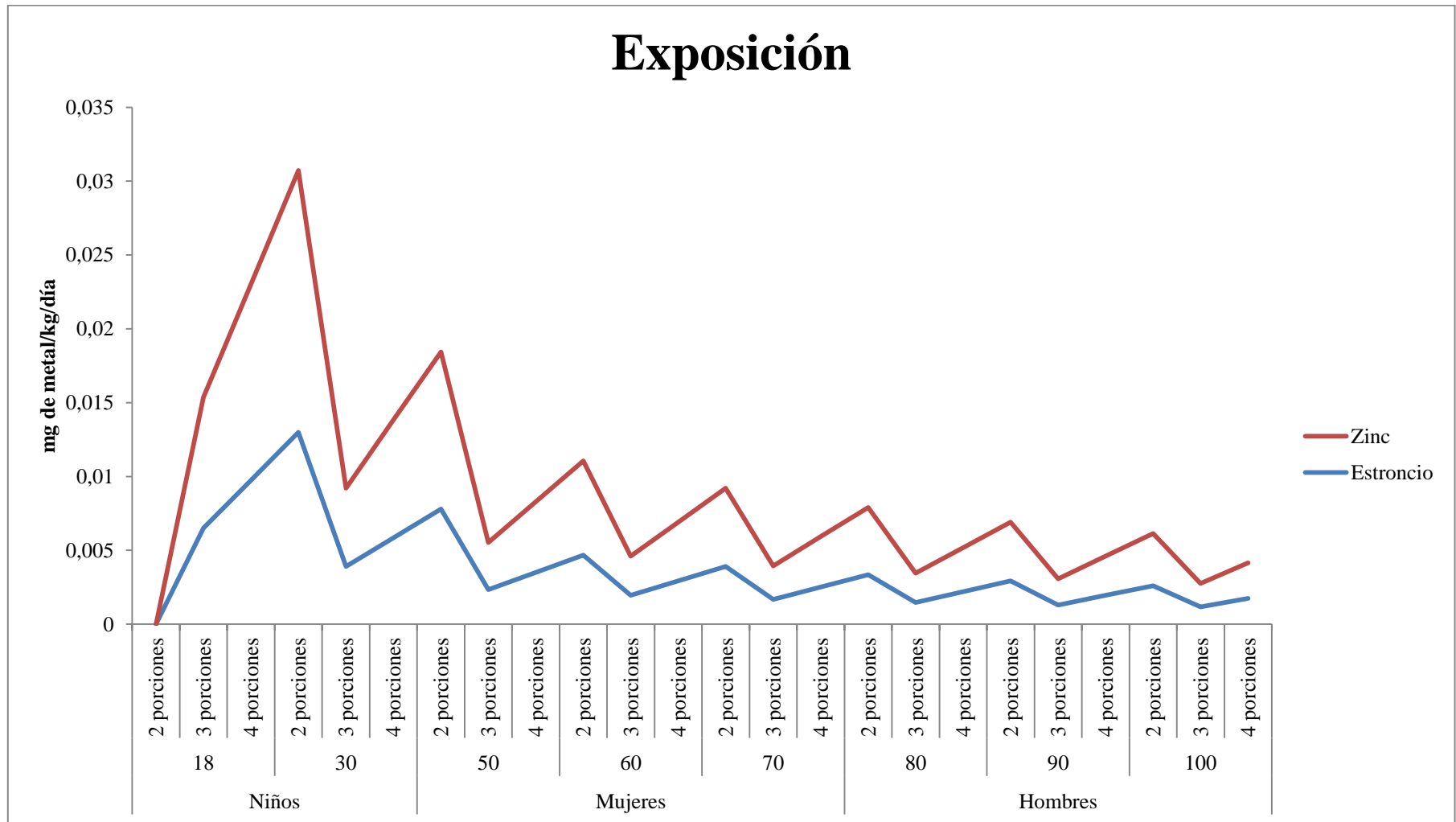


Figura 24. Nivel de exposición de Zinc y Estroncio

En función de la exposición se calculó el riesgo potencial para 5 de los 13 elementos por ser quienes tienen dosis de referencia definida, estableciendo el valor de 1 como límite de riesgo potencial (Figura 25).

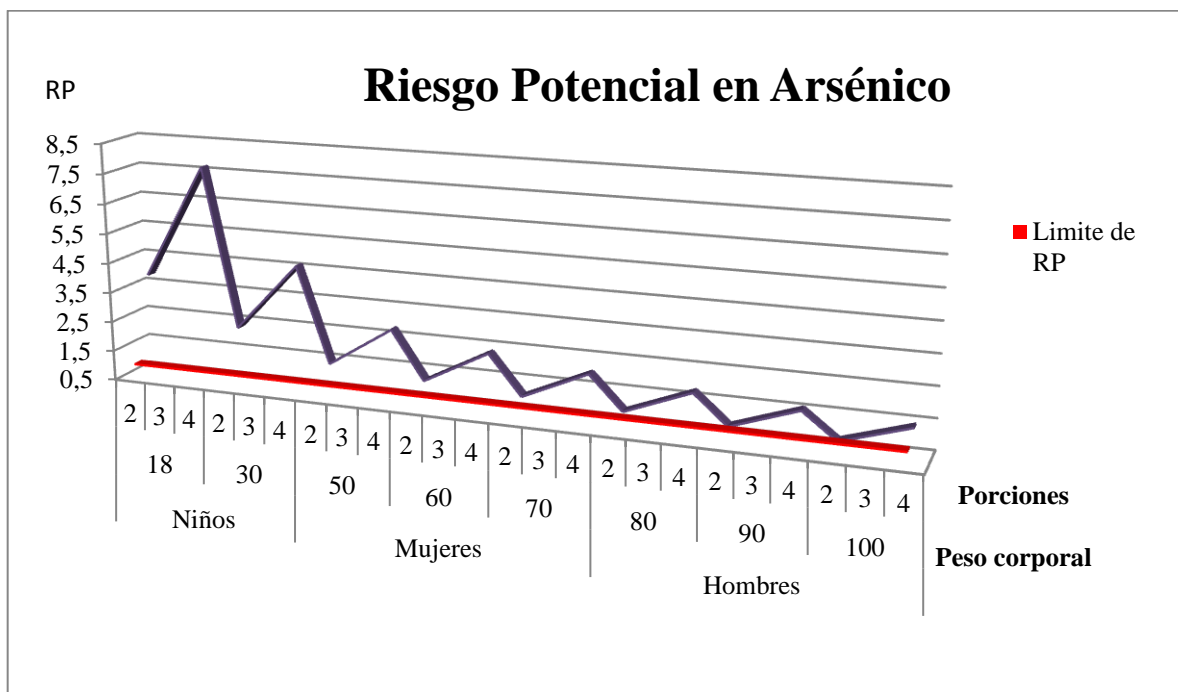


Figura 25. Riesgo potencial en Arsénico.

En la figura 26 se registra el riesgo potencial para Cadmio (Figura 26).

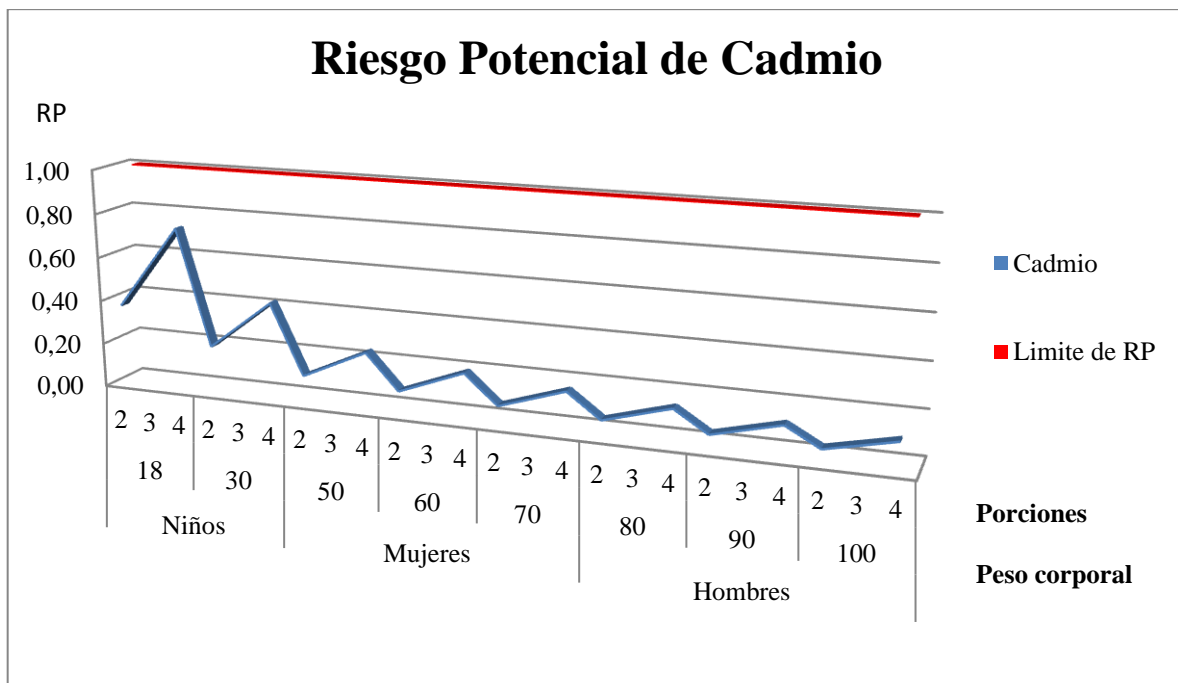
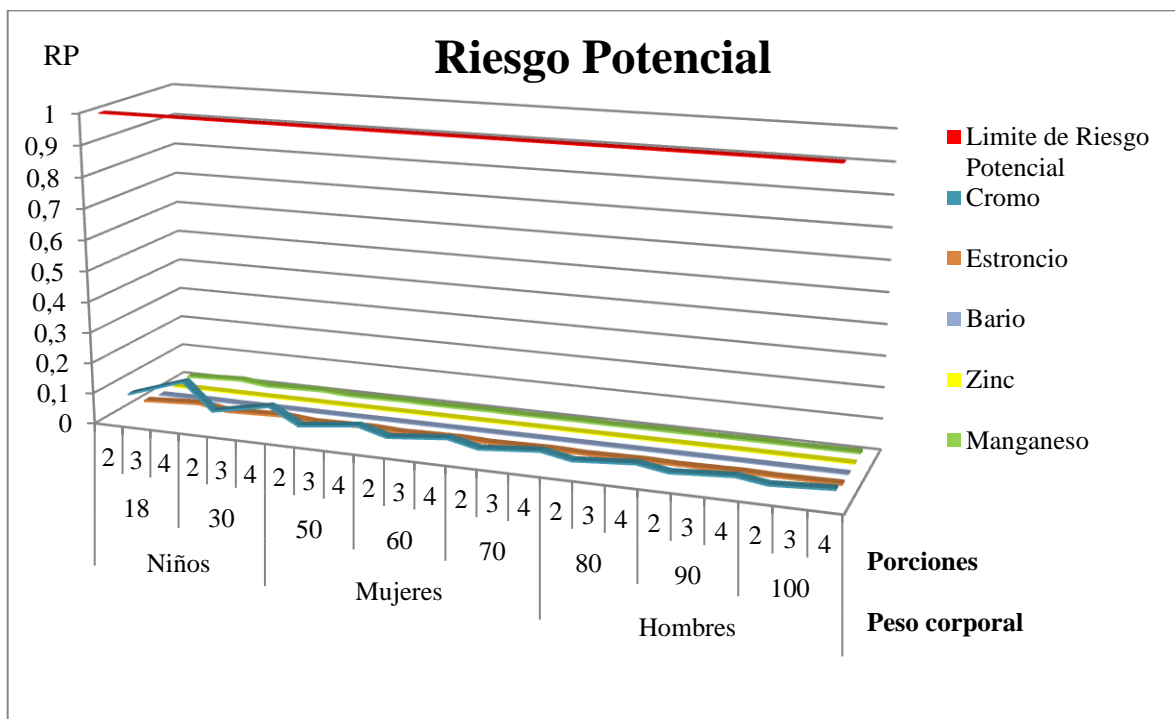


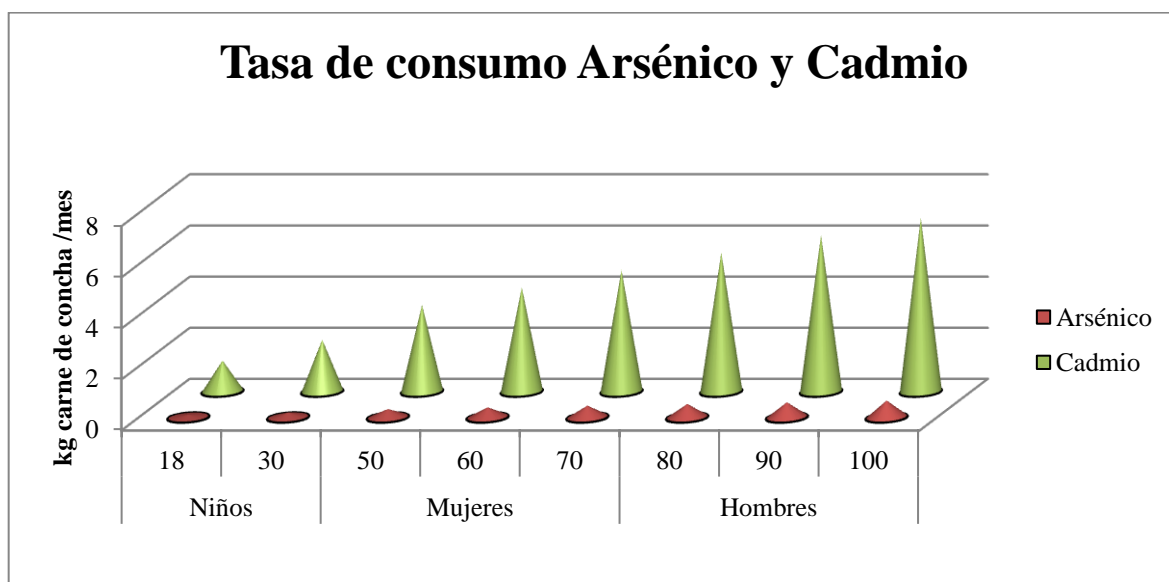
Figura 26. Riesgo potencial en Cadmio

Los elementos Cromo, Estroncio, Bario, Zinc y Manganeso revelan su riesgo potencial en la figura 27.



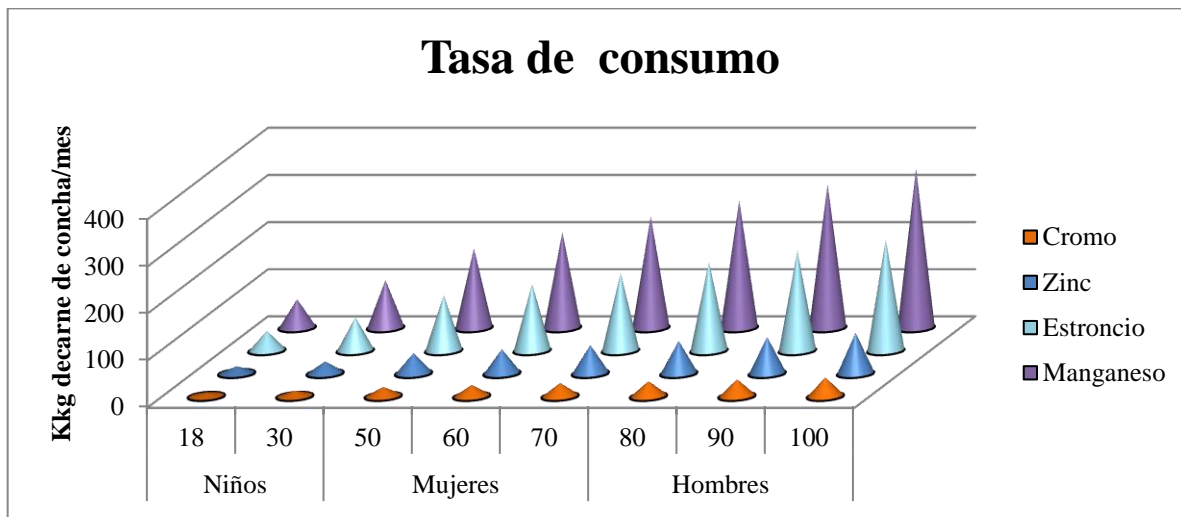
**Figura 27.** Riesgo potencial en Cromo, Estroncio, Bario, Zinc y Manganeso.

También se halla la tasa de consumo de kilogramos por mes para Arsénico y Cadmio (Figura 28).



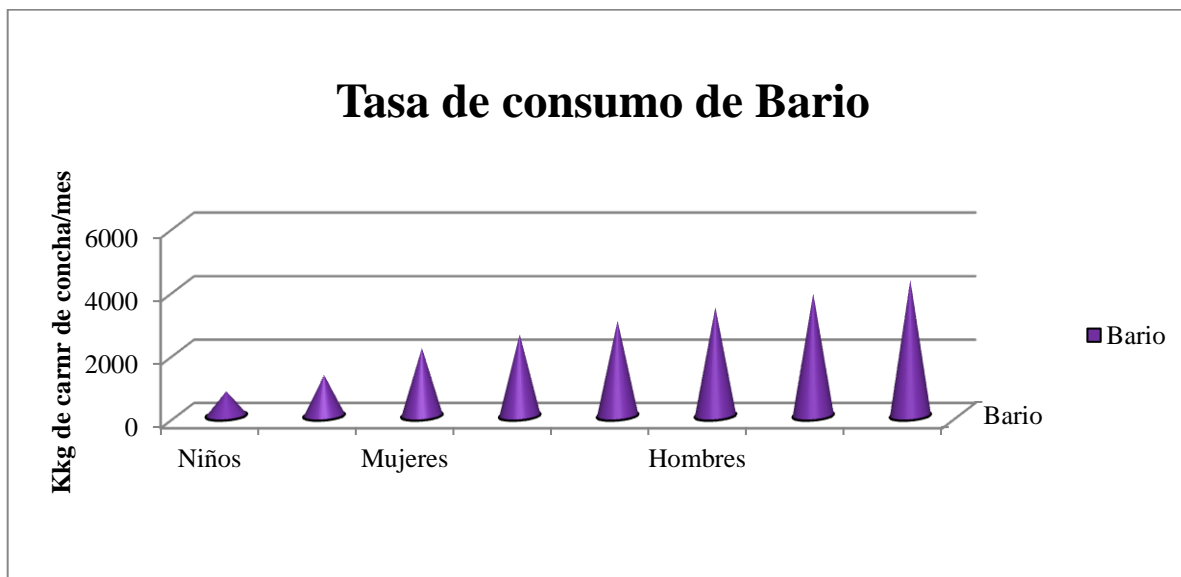
**Figura 28.** Tasa de consumo de carne de concha con Arsénico y Cadmio

En la figura 29 se observa la tasa de consumo Kg/ mes de Cromo, Zinc, Estroncio y Manganeso.



**Figura 29.** Tasa de consumo de carne concha con Cromo, Zinc, Estroncio y Manganeso

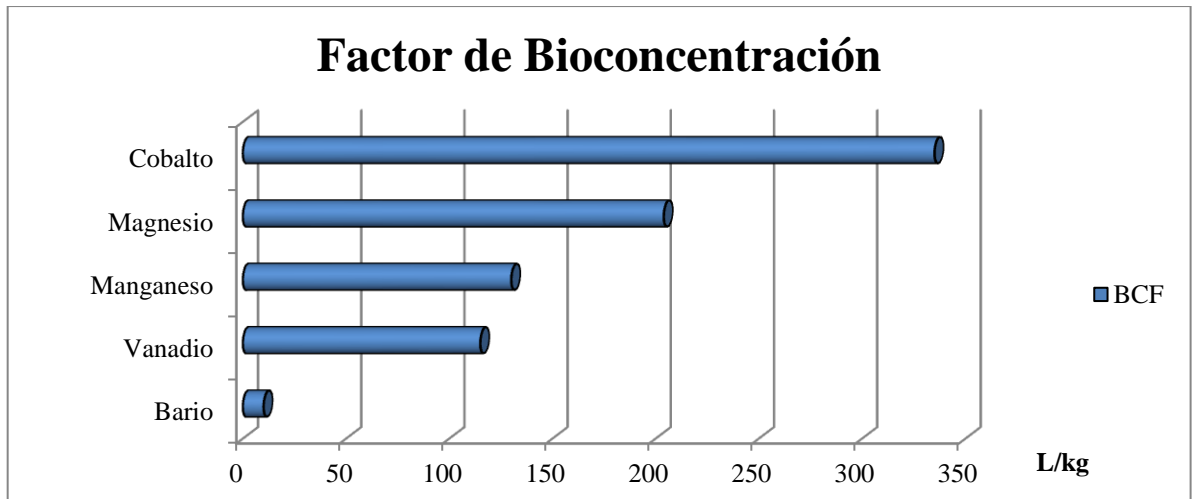
La figura 30 muestra la tasa de consumo Kg por mes de Bario.



**Figura 30.** Tasa de consumo de carne de concha con concentraciones Bario.

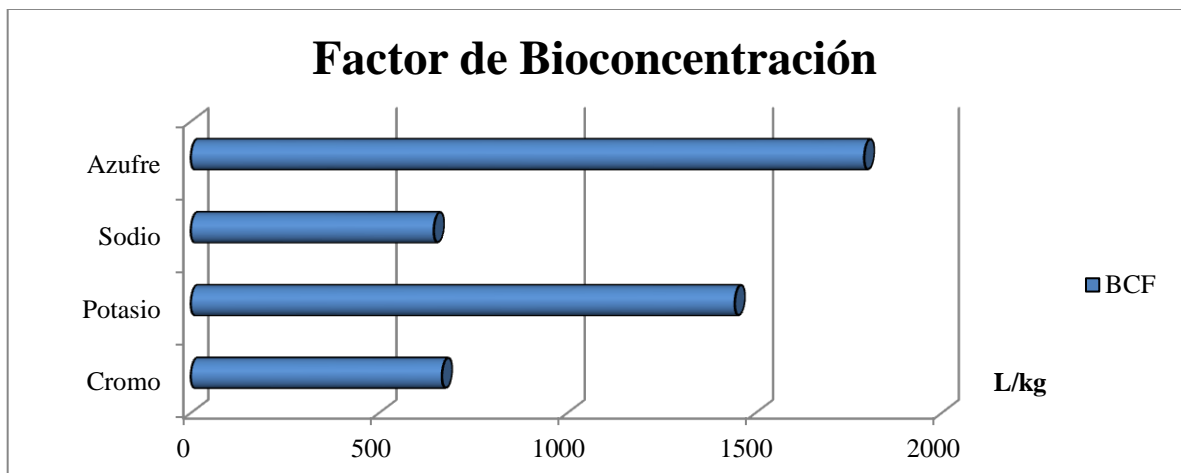
### 3.5 Factor de Bioconcentración (BCF)

La figura 31 muestra los valores del factor de bioconcentración aplicados para la zona norte de Esmeraldas, expresados en litros/kilogramos de Cobalto, Magnesio, Manganeso, Vanadio y Bario.



**Figura 31.** Factor de bioconcentración de Cobalto, Magnesio, Manganeso, Vanadio y Bario

La figura 32 muestra los valores del factor bioconcentración aplicados en la zona norte de Esmeraldas expresados en litros/kilogramos de Azufre, Sodio, Potasio y Cromo.



**Figura 32.** Factor de Bioconcentración de Azufre, Sodio, Potasio y Cromo

El valor del Factor de Bioconcentración de Fósforo es de 50000.

### **3.6 Propuesta de determinación de límites máximos permisibles**

#### **3.6.1 Concentración admisible**

En la tabla VII se muestra la propuesta de concentraciones máxima permisible para Arsénico, Bario, Cadmio, Cobalto, Cobre, Cromo, Estroncio, Manganeso, Vanadio y Zinc en ejemplares de *Anadara tuberculosa* en mg/kg como se muestra a continuación:

**Tabla VII.** Concentración admisible

<b>Elemento</b>	<b>Concentración permisible (mg/kg)</b>
Arsénico	0,909
Bario	606,323
Cadmio	0,303
Cobalto	30,316
Cobre	30,316
Cromo	9,095
Estroncio	1818,969
Manganeso	424,426
Vanadio	30,316
Zinc	909,485

### 3.6.1 Tasa de consumo admisible mensual

En la tabla VIII se observa la ingesta o tasa de consumo permisible mensual para niños, mujeres y hombres al encontrarse con ejemplares de *Anadara tuberculosa* con concentraciones iguales al promedio de Arsénico en el presente estudio. También se establece la tasa de consumo para ejemplares que se encuentren con un supuesto de concentraciones de 1,1; 1,5; 1,9 y 2,1mg de arsénico por kilogramo de partes blandas de concha, dichos valores también fueron encontradas en las diferentes localidades de este estudio.

**Tabla VIII.** Tasa de consumo admisible de carne de concha con Arsénico

Kg de conchas con Arsénico/mes					
Peso corporal (kg)	Estudio	Supuesto			
	1,34	1,1	1,5	1,9	2,1
18	0,12	0,15	0,11	0,09	0,08
30	0,20	0,25	0,18	0,14	0,13
50	0,34	0,41	0,30	0,24	0,21
60	0,40	0,49	0,36	0,28	0,26
70	0,47	0,57	0,42	0,33	0,30
80	0,54	0,65	0,48	0,38	0,34
90	0,60	0,74	0,54	0,43	0,39
100	0,67	0,82	0,60	0,47	0,43

En la tabla IX se observa la ingesta o tasa de consumo permisible mensual para niños, mujeres y hombres al encontrarse con ejemplares de *Anadara tuberculosa* con concentraciones iguales al promedio de Cadmio en el presente estudio. También se establece la tasa de consumo para ejemplares que se encuentren con un supuesto de concentraciones de 1; 1,25; 1,5; 1,75 y 2 mg de Cadmio por kilogramo de partes blandas de *Anadara tuberculosa*.

**Tabla IX.** Tasa de consumo admisible de carne de concha con Cadmio

Kg de conchas con Cadmio/mes						
Peso corporal (kg)	Estudio	Supuesto				
	0,44	1	1,25	1,5	1,75	2
18	1,23	0,54	0,43	0,36	0,31	0,27
30	2,05	0,9	0,72	0,6	0,51	0,45
50	3,41	1,5	1,2	1	0,86	0,75
60	4,09	1,8	1,44	1,2	1,03	0,9
70	4,77	2,1	1,68	1,4	1,20	1,05
80	5,45	2,4	1,92	1,6	1,37	1,2
90	6,14	2,7	2,16	1,8	1,54	1,35
100	6,82	3	2,4	2	1,71	1,5

#### 4. DISCUSIÓN

Las muestras enviadas al laboratorio fueron heterogéneas, mostrando una desviación estándar en la talla de 5mm y en el peso de 13,56gr. Las muestras del norte fueron de mayor tamaño 53,34mm mientras que las del sur presentaban 51,23mm, lo mismo ocurrió con el peso, las conchas del norte tienen un promedio de 43,50gr respecto a la zona sur con 35,96mg y por razones de tamaño se podría suponer que deberían tener mayor concentración de contaminantes.

El laboratorio empleado usó una técnica analítica para determinar los valores de los elementos con una sensibilidad en mg/kg, lo cual no alcanzó para detectar la presencia de pesticidas y otros elementos que pudieron haber estado presentes, lo apropiado hubiese sido que los resultados se expresaran en  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . En vista de que el límite de detección de los equipos no alcanzaron los niveles de pesticidas se estableció para este estudio como resultado: “ausencia de pesticidas”.

De los 15 elementos detectados, el Cromo, Estroncio, Manganeso, Bario, Zinc y Cadmio no constituirían un peligro para la ingesta en *Anadara tuberculosa*, no ocurre lo mismo con arsénico, el cual si representaría riesgo. De otros elementos (Azufre, Cobalto, Cobre, Fosforo, Magnesio, Potasio, Sodio y Vanadio) no se dispone de información para establecer su dosis de referencia y por ende no se pudo concluir al respecto.

Bajo la premisa de que los valores que superan el valor de 1 deben ser considerados de “alto riesgo” en el análisis de Riesgo Potencial, el elemento que recibió esta denominación fue Arsénico. La ingesta de *Anadara tuberculosa*., representaría un grave problema, y no debería ser consumido por niños y mujeres de 50 y 60kg, las personas de 70 a 100kg no podrían consumir más de 2 porciones al mes (Tabla X). Se considera una preocupación tomando en cuenta que más del 50% de la población encuestada consume 3 o más porciones mensualmente (ver anexo 7).

**Tabla X.** Riesgo potencial por Arsénico.

Porciones	Niños		Mujeres			Hombres		
	18kg	30kg	50kg	60kg	70kg	80kg	90kg	100kg
2 porciones	3,82	2,29	1,38	1,15	0,98	0,86	0,76	0,69
3 porciones	5,73	3,44	2,06	1,72	1,47	1,29	1,15	1,03
4 porciones	7,64	4,58	2,75	2,29	1,96	1,72	1,53	1,38

A pesar de que el análisis de este estudio se realizó con un rango de 2 a 4 porciones, se hizo otro cálculo considerando también el consumo una porción al mes. La tasa de consumo que fue calculada mensualmente ya que la ingesta diaria es baja (aproximadamente media concha por día) y no es así como se la ingiere (Figura 33).

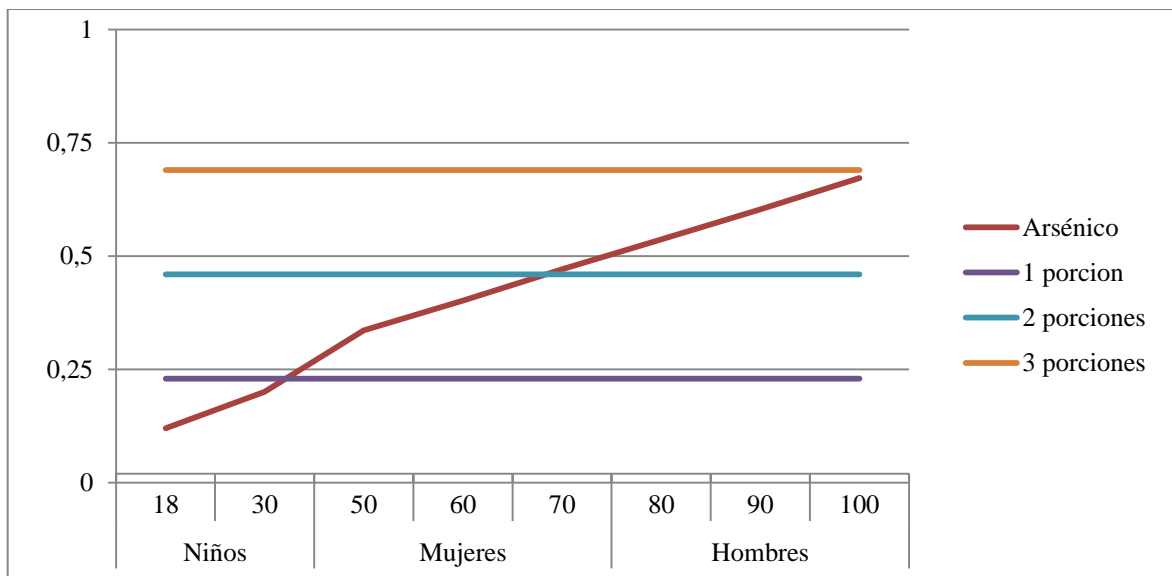


Figura 33. Ingesta mensual permisible de carne de concha con Arsénico

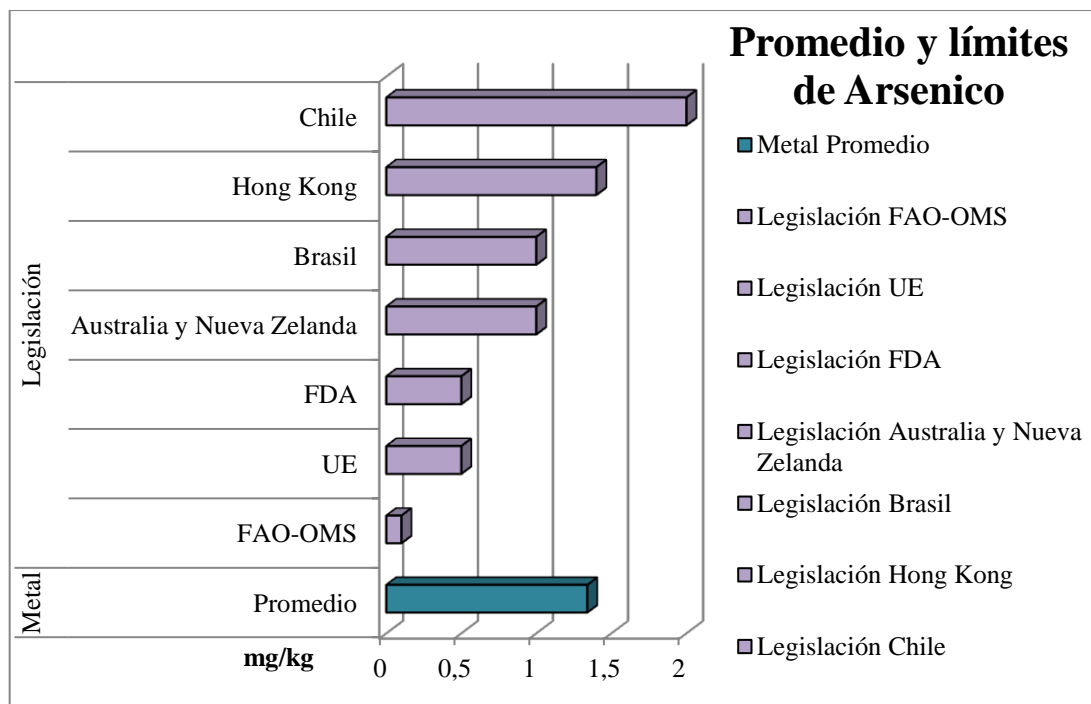
Dependiendo la masa corporal de las personas, la cantidad de kilogramos de conchas con arsénico sería la mostrada en la tabla XI.

**Tabla XI.** Porciones admisibles de carne de concha con concentraciones de Arsénico

Ingesta	Niños		Mujeres			Hombres		
	18kg	30kg	50kg	60kg	70kg	80kg	90kg	100kg
Mensual								
Kg/mes	0,12	0,201	0,336	0,402	0,471	0,537	0,603	0,672

El Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) ha clasificado el Arsénico, así como a los compuestos derivados del mismo como cancerígenos para los seres humanos.

La OMS lo considera como una de las 10 sustancias químicas más preocupantes para la salud pública (OMS, 2012). La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norte América, USEPA, clasifica al Arsénico como cancerígeno de tipo “A” debido a la evidencia de sus efectos adversos sobre la salud. El Ministerio de Salud de Canadá lo ha clasificado dentro del Grupo 1 de la Lista de Sustancias de Interés Prioritario debido a su carácter venenoso y porque es una causa comprobada de cáncer en los humanos. El promedio en este estudio, de 1,34 mg/kg ha superado los niveles máximos permisibles de legislaciones en algunos países y organizaciones internacionales, como es el caso de la FAO-OMS, quienes alertan de su peligro con dosis máxima de 0,1 mg/kg en algunos alimentos; la FDA alerta con nivel máximo de 0,5 mg/kg recomendado para algunos alimentos; la legislación Australiana y de Nueva Zelanda alerta con un contenido máximo de 1 mg/kg específicamente para consumo de moluscos; la legislación Brasileña, con una tolerancia máxima de 1 mg/kg para el pescados y productos de la pesca; y la Unión Europea alerta con un valor de 0,5 mg/kg (Figura 34).



**Figura 34.** Comparación del promedio de Arsénico con legislación de organizaciones y otros países.

En el documento final del monitoreo de los ríos del norte de Esmeraldas del Programa de Remediación Ambiental (PRAS) existen datos del 2011 que respaldan la presencia de Arsénico en la zona norte de la provincia de Esmeraldas con registros de 1,9mg/kg en Tambillo y 2,9 mg/kg en Palma Real, lo que indica que la presencia de este metal es constante.

Cabe resaltar que el estudio de PRAS se lo realizó en estación seca (mes de junio) y en el caso de Palma Real el valor obtenido de 2,9 mg/kg contrasta con el dato del presente estudio, donde se registró el valor de 2,1mg/kg de Arsénico para la misma localidad (Palma Real), el cual fue obtenido en estación lluviosa donde la temperatura es más baja, en comparación con la estación seca.

Bajo la teoría de que los organismos al paso del tiempo no solo aumentan de tamaño, sino que también tienen más mayor bioacumulación, resulta curioso que presenta valores mayores el estudio PRAS versus este estudio a pesar de que distan aproximadamente un año y medio .

Según datos bibliográficos las temperaturas altas en las estaciones de primavera y verano promueven el desove de los bivalvos con lo cual el peso del cuerpo disminuye, y la concentración de algunos metales en los organismos aumenta, ya se han hecho estudios no necesariamente con Arsénico, pero sí con otros elementos y muestran el mismo comportamiento. Por ejemplo: Los de Phillips (1976) para el Zinc, Cadmio y Cobre; Talbot (1985) y Zarogian (1980) para Cadmio; Thomson (1982) para Hierro, Zinc, Cadmio, Cobre y Plomo y Gutiérrez et al (1991) para Cadmio, Aluminio y Magnesio, todos estos en especies de moluscos bivalvos. Siguiendo el patrón del comportamiento de aumento de concentración a altas temperaturas, registrado en los estudios mencionados, sustentarían los resultados obtenidos en nuestro análisis, en relación a la concentración determinada en *Anadara tuberculosa*, del primer estudio del PRAS.

Por otro lado, se sabe que la Organización Mundial de la Salud en el 2007 y la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades en el mismo año relacionan el uso de plaguicidas con Arsénico, y en las zonas objetos de estudio, las actividades que guardan relación con este elemento podrían ser:

- Producción de Palma Aceitera en la zona norte, ya que se sabe que en las palmiculturas se emplea el uso de pesticidas que desde 1940, ha contribuido al avance tecnológico de la producción agrícola mediante la reducción, en un 75%, de los costos de mano de obra, y el aumento de la productividad, en un 230% USDA, 1989 (Beach, 1994).
- La actividad camaronera en la zona sur (figura 35), ya que por ser un monocultivo, el camarón de piscina sufre persistentemente de numerosas enfermedades a causa de bacterias y virus que provocan la utilización creciente de antibióticos, desinfectantes, fertilizantes, pesticidas, plaguicidas y otras sustancias para dar tratamiento al suelo y el agua (Acción Ecológica, n. d.).

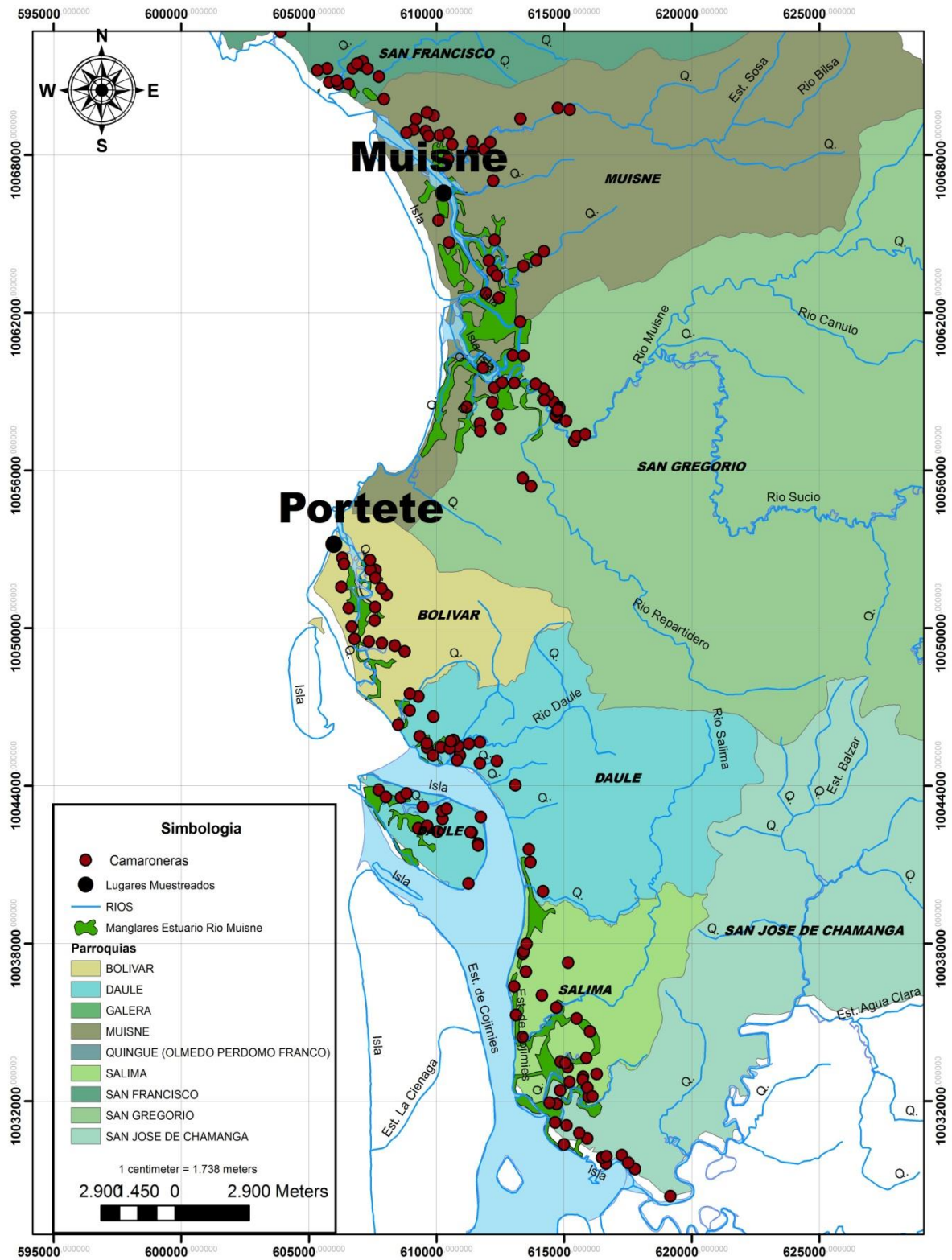
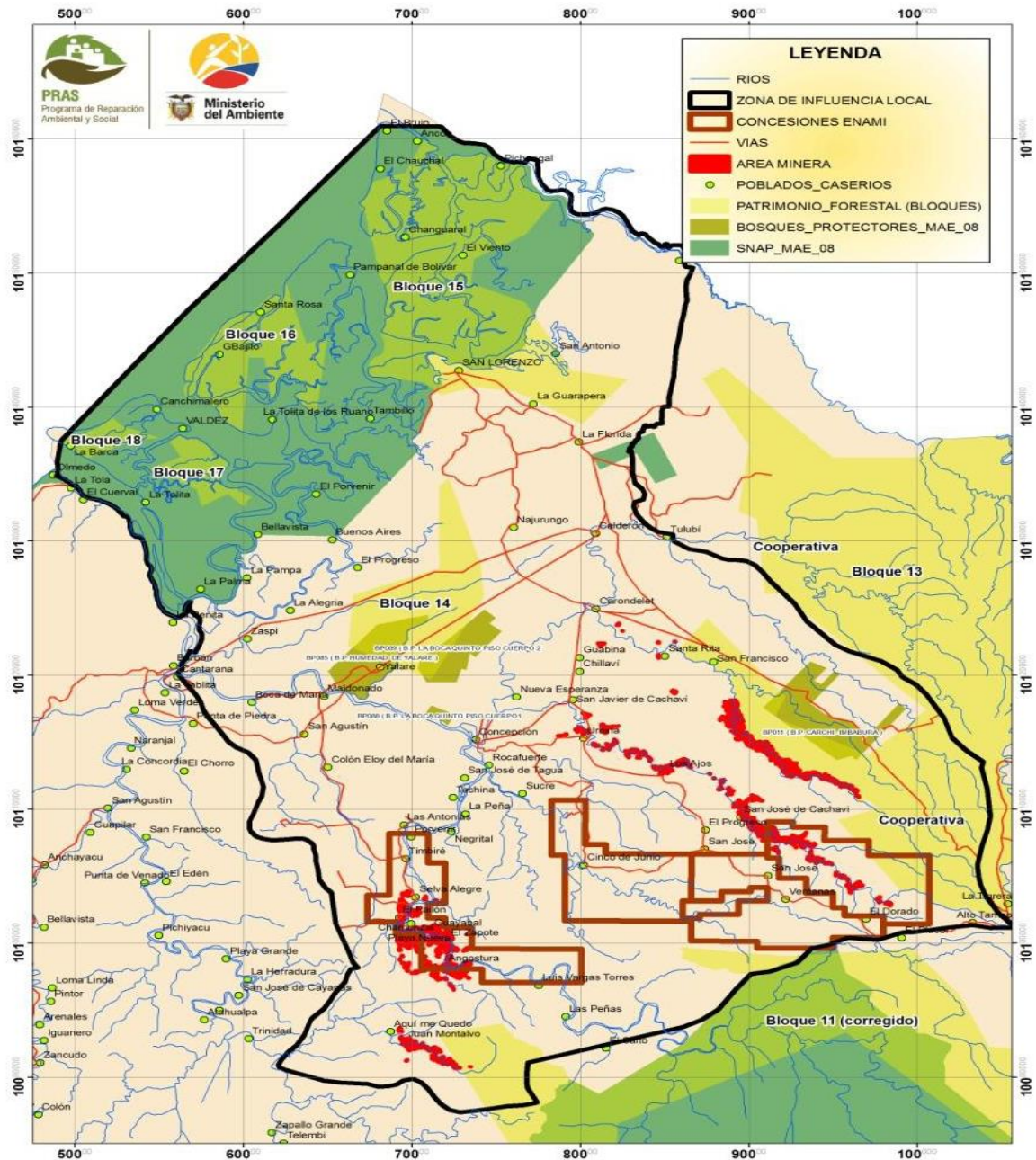


Figura 35. Ubicación geográfica de sitios donde se encuentran las camarónicas de la zona sur.

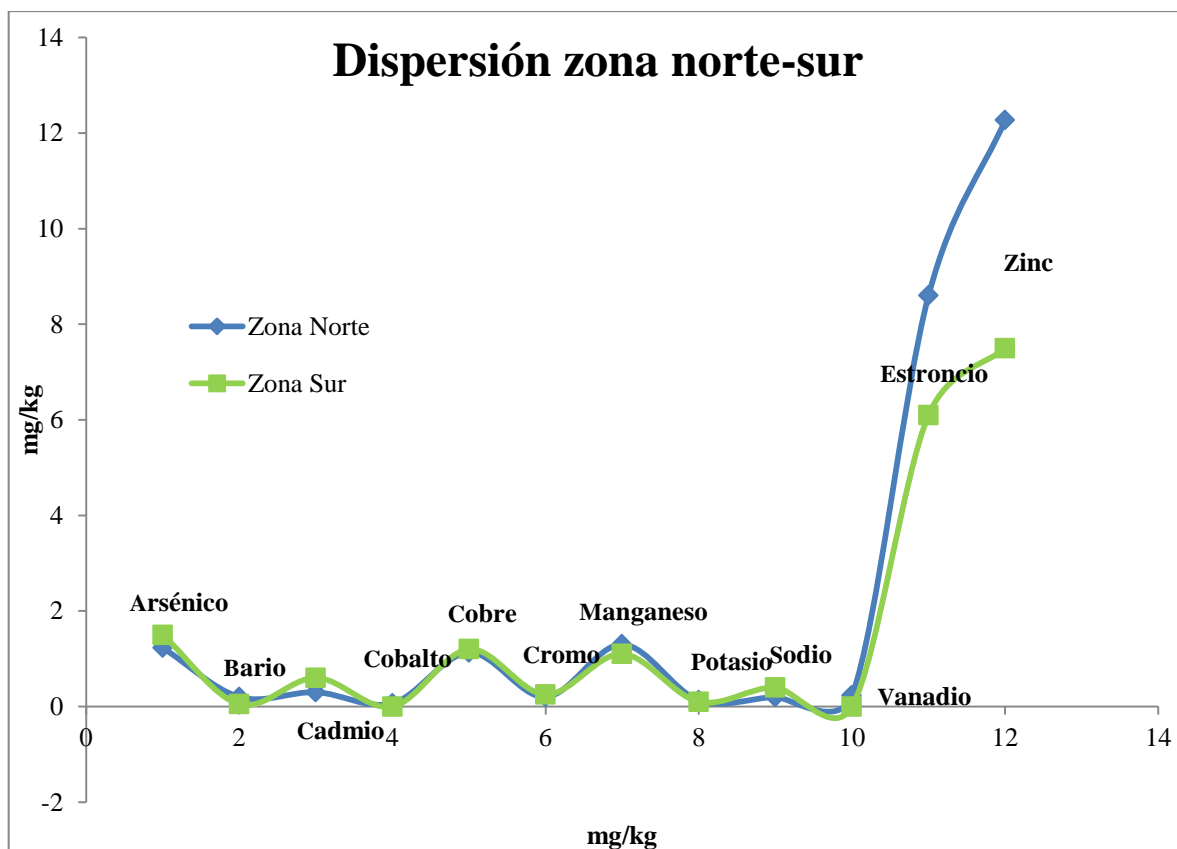
- Otra actividad productiva con la cual también se relaciona la presencia de Arsénico es la minería en la zona norte de la provincia (figura 36), ya que el Arsénico es un elemento que está presente de manera natural en la tierra, pero debido a la actividad minera, se vuelve volátil, contaminando el agua, el aire y las plantas (Ministerio Coordinador de Seguridad de Ecuador, 2011).



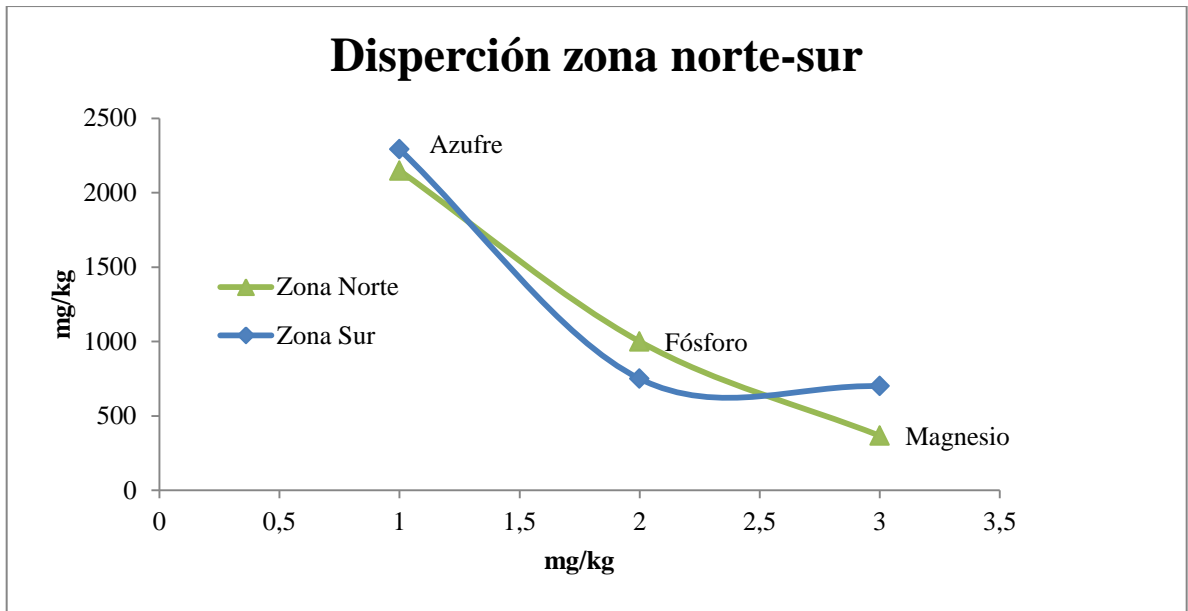
**Figura 36.** Ubicación geográfica de sitios donde se encuentra el área minera en la zona Norte

Además el Arsénico y Cromo a menudo se asocian con la presencia de oro en el suelo y pueden tener efectos nocivos para la salud; aluminio, cadmio, cobre, hierro, plomo, magnesio, níquel, selenio, talio y zinc también pueden estar presentes (Indeglia, 2012), y la mitad de los elementos citados por Indeglia en el año 2012 fueron encontrados en este estudio.

Lo sorprendente es la estrecha relación que presentan los resultados de la zona norte y sur, si consideramos que son dos localidades muy distantes, la una de la otra, y obviamente está siendo afectada de diferente manera. Esto se sustenta también cuando comparamos los elementos encontrados en este estudio, como se observa en las figura 37 y 38.



**Figura 37.** Dispersión de elementos de la zona norte y sur de la provincia



**Figura 38.** Dispersión de Azufre, Fósforo y Magnesio

Este hecho nos permite asumir que los valores presentes de arsénico no necesariamente tienen una relación directa con la actividad minera, es decir con el arsénico presente en sedimentos arrojados a los cauces ya que en la zona sur de la provincia no se realiza esa actividad.

Núñez en 1998 (Ramos, 2007) señala que para el control de plagas en el cultivo de Palma Africana se utilizan elevados volúmenes de insecticidas, fungicidas y herbicidas. Los insecticidas más usados son: *endosulfan* (organoclorado) y el *carbofuran* (carbamato, prohibido en Estados Unidos y Canadá), *malathion* (organofosforado); el herbicida más común utilizado es el *glifosato*; de los fungicidas el *carboxin* entre otros.

El Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales (2011) describe las empresas palmicultoras que se han asentado en el cantón San Lorenzo comenzando por:

- Palmera de los Andes (que opera en la vía férrea San Lorenzo-Ibarra, cerca de los esteros Najurungo y Panadero y es causante de la destrucción de unas 800 hectáreas de bosques).
- La empresa Agrícola San Lorenzo, opera en el sector Ricaurte (en la vía San Lorenzo-Ibarra) y es responsable de haber talado 850 hectáreas.
- La Fabril (Palmera del Pacífico), opera en los sitios de Carondelet, Santa Rita y San Francisco y desmanteló 600 hectáreas.
- La Compañía Hacienda Teobrama, opera en la zona de Ricaurte, sector de labor es Mataje, y es responsable de la deforestación de 250 has.
- La compañía Aiquisa (Agroindustrial Quinindé), opera en el sector de Boca y ha talado 650 hectáreas de bosque.
- La empresa Ecuafinca, que opera en la vía Mataje hasta el estero Molinita, es la responsable de la destrucción de 400 hectáreas.
- La compañía Palesema, opera en la zona Campanita-Mataje, sector Robalino, en la vía San Lorenzo-Ibarra, destruyó 600 hectáreas.

Funcionarios de ANCUPA<sup>18</sup> manifiestan que en San Lorenzo, se tiene sembrado 10,000 has, para cuyo cultivo se están usando plaguicidas organoclorados y organofosforados (Altropico, 2006).

Por lo tanto sería razonable encontrar presencia de pesticidas al menos en la zona norte de la provincia. Lo que hace suponer que los resultados presentados por el laboratorio Grüentec en cuanto a presencia de pesticidas son cuestionables.

El proyecto “Evaluación de la Contaminación de concha prieta y cangrejo rojo” realizado por USAID Costas y Bosques Sostenibles en septiembre del 2009, con análisis en el laboratorio “Avilés y Vélez”, revela la existencia de pesticidas en la parroquia Tambillo del cantón San Lorenzo. En la tabla XII se puede apreciar la comparación de los resultados de

---

<sup>18</sup> Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Africana de Ecuador

los laboratorios AVVE y Grüentec, para algunos pesticidas, donde claramente la sensibilidad en los equipos hace la diferencia.

**Tabla XII.** Comparación de resultados de laboratorios.

Pesticida (mg/kg)	Laboratorio	
	AVVE	GRUENTEC
Hexaconazol	0,03	<0,06
Penconazol	0,03	<0,08
Triadimenol	0,02	<0,04

El mismo Ministerio de Ambiente publicó también un memorando (No. 80404-DNPC-SCA-MA) indicando que las intoxicaciones por pesticidas en la Provincia de Esmeraldas habían aumentado en un 300% entre 1999 y 2003 (Altropico, 2006).

Lo que demuestra que no sería prudente descartar la lógica de la presencia de pesticidas en los moluscos bivalvos del género *Andara*.

### *Cadmio*

Varios países cuentan con legislación acerca de Cadmio, por ejemplo, Suiza establece valores de tolerancia de 0,5mg/kg y como valor máximo 2mg/kg para moluscos; en Australia y Nueva Zelanda contemplan contenidos máximos de 2mg/kg para moluscos; Brasil tiene una tolerancia de 1mg/kg para productos de la pesca; México 0,5mg/kg, Costa Rica 1mg/kg y la Unión Europea 1mg/kg para moluscos bivalvos.

En este estudio el promedio de Cadmio fue de 0,44mg/kg, y no rebasa ninguna legislación antes mencionada. Pero si analizamos los resultados para Portete, con 0,8mg/kg supera la legislación Mexicana y está dentro de los límites de tolerancia de Suiza; lo que señala que debe existir una atención prioritaria para este elemento, sobre todo con los ejemplares de la zona sur de la provincia.

En el análisis del riesgo potencial el Cadmio no constituye peligro para la salud de los niños, mujeres y hombres (Figura 39).

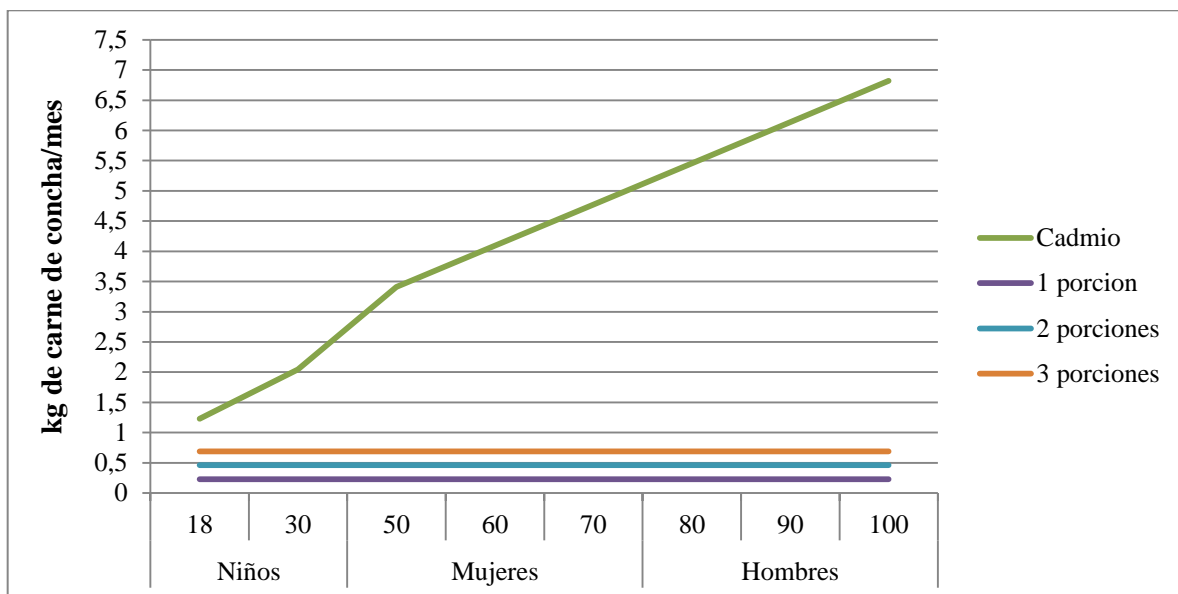
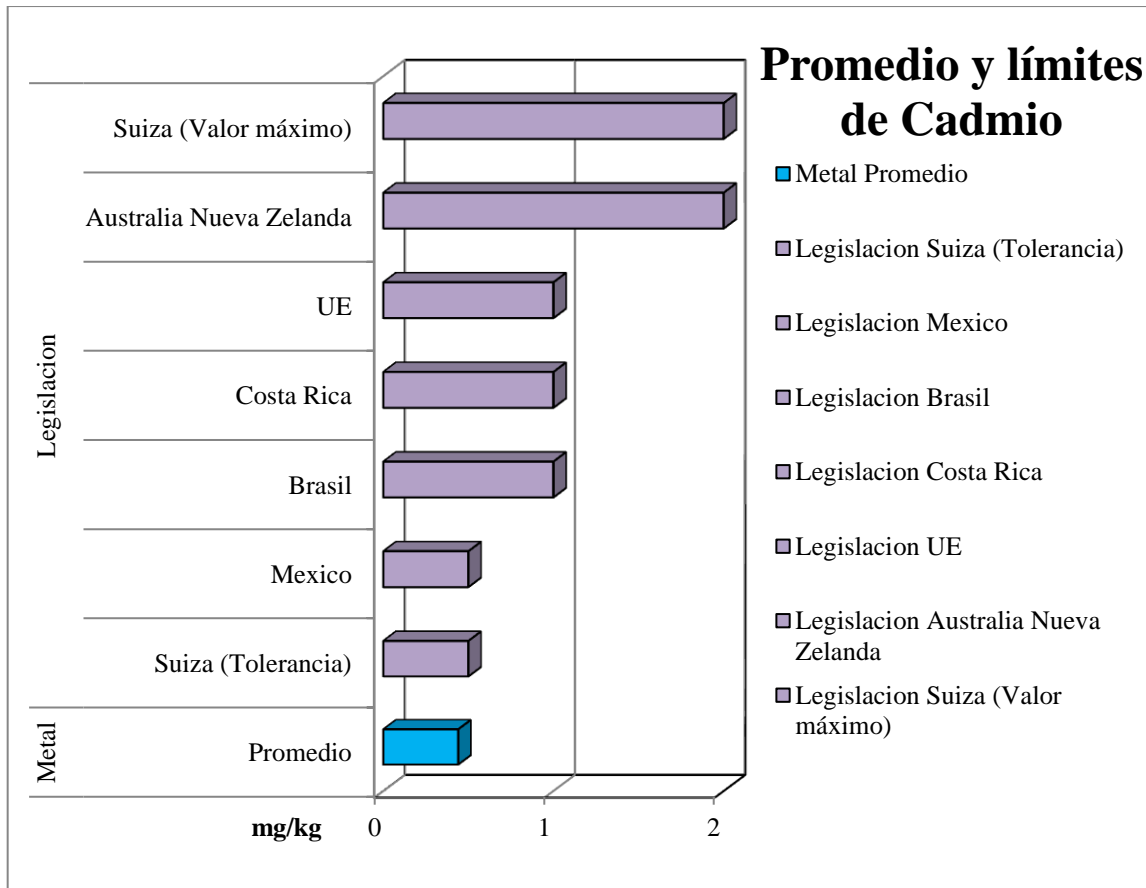


Figura 39. Ingesta mensual permisible de carne de concha con Cadmio

Pero aunque no represente un riesgo alto para la salud de las personas, se deberían tener restricciones en el consumo de conchas, si bien las cantidades de cadmio son pequeñas, al tener la particularidad de que su eliminación es muy lenta, puede provocar efectos perniciosos a largo plazo para las personas, tomando en cuenta que el Departamento de Salud de Nueva Jersey (2007) ha expresado que el cadmio es una cancerígeno humano (Figura 40).



**Figura 40.** Comparación de Cadmio con legislación de organizaciones y otros países

Hay que considerar además, que se ha reportado presencia de Zinc en este estudio con un promedio de 10,36 mg/kg y este metal aumenta la toxicidad del Cadmio en los invertebrados acuáticos.

Se ha detectado efectos sub-letales durante el crecimiento y la reproducción de invertebrados acuáticos, así como modificaciones estructurales en las branquias (Castañé, Topalián, Cordero, & Salibián, 2002).

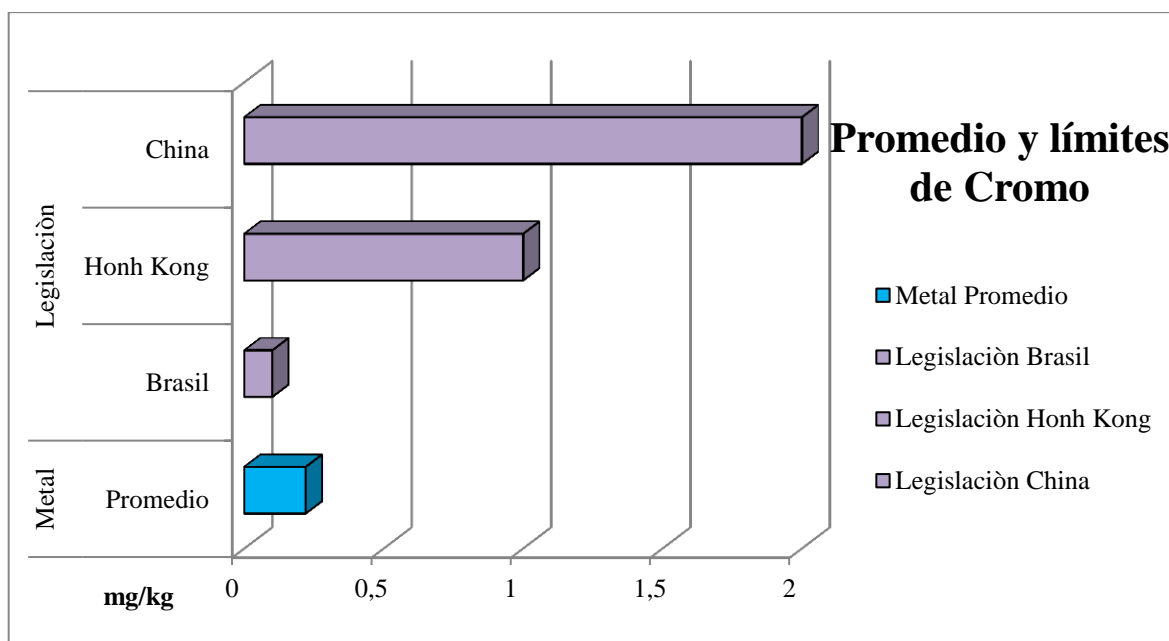
En la Revista Peruana de Biología comentan que se ha demostrado el potencial bioacumulativo de este elemento a lo largo de las cadenas tróficas (Munger & Croteau, 1998 y 2005), y al menos en la zona norte de la provincia parece permanecer en el ambiente constantemente, ya que en el estudio “Evaluación de la Contaminación de concha prieta y cangrejo rojo” también se encuentran valores de cadmio, similares a los del presente estudio (ver tabla XIII).

**Tabla XIII.** Resultados de los laboratorios “Avilés y Vélez” y “Grüentec”

Elemento (mg/kg)	AVVE		Grüentec				
	Tambillo	San Lorenzo	Nadadero Grande	Palma Real	San Antonio	Muisne	Portete
Cadmio	0,2	0,41	0,4	0,2	0,4	0,4	0,8

### Cromo

El promedio presentado de Cromo fue de 0,22mg/kg y no rebasa la legislación China y de Hong Kong los cuales establecen 2mg/kg y 1mg/kg respectivamente para “pescado y marisco”. Representa un problema al comparar con la legislación de Brasil porque duplica su tolerancia de 0,10mg/kg para “cualquier alimento” (Figura 41).



**Figura 41.** Comparación de Cromo con legislación de organizaciones y otros países

Tal y como se observó en la figura 46 este elemento no presenta diferencias, sus resultados son similares en la zona norte y sur, por tanto se puede presumir que su presencia es natural pero se lo detalla por tener legislación en alguno países.

## *Bario*

Otro elemento que se considera importante mencionar es el Bario, ya que al comparar los resultados es notable que en la zona sur de la provincia se registra ausencia del elemento mientras que en la zona norte tiene un promedio de 0,2mg/kg lo que hace pensar que su presencia en el ambiente no es natural. El Bario es un elemento no esencial, pero las cantidades de Bario en los alimentos y el agua potable generalmente son demasiado bajas para causar preocupación (ATSDR, 2007), lo cual se respalda en los resultados de riesgo potencial ya que ningún valor superó la unidad como lo muestra la tabla XIV, por lo tanto Los moluscos bivalvos objeto de estudio (*Anadara tuberculosa*) pueden ser consumidos por niños, mujeres y hombres con más de 3 porciones sin que el Bario cause un efecto dañino para la salud.

**Tabla XIV.** Riesgo potencial por Bario.

Porciones	Niños		Mujeres			Hombres		
	18kg	30kg	50kg	60kg	70kg	80kg	90kg	100kg
2	0,00059	0,00035	0,00021	0,00017	0,00015	0,00013	0,00012	0,000108
3	0,00089	0,00053	0,00032	0,00026	0,00023	0,00020	0,00018	0,000162
4	0,00119	0,00071	0,00043	0,00035	0,00030	0,00027	0,00024	0,000216

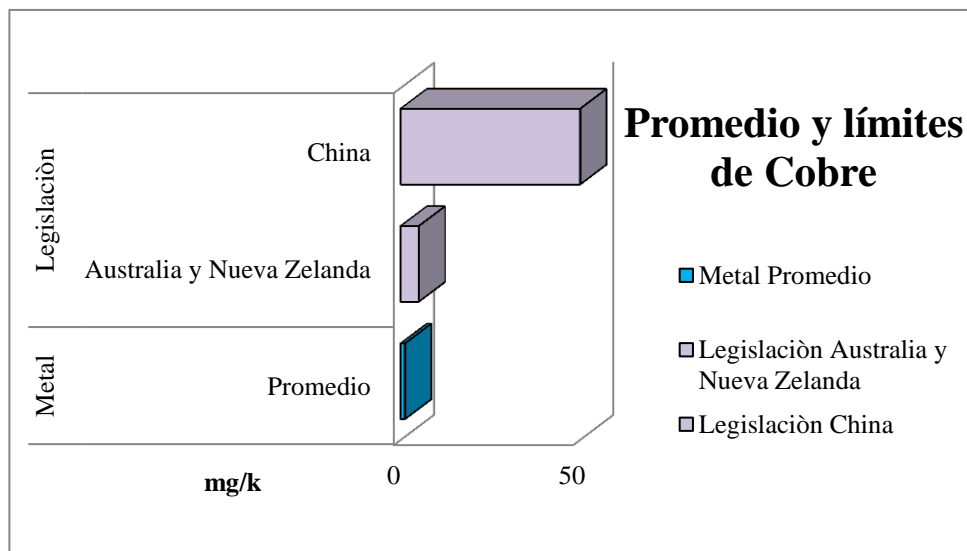
## *Vanadio*

Hecho similar ocurre con Vanadio, siendo ausente en Muisne y presente con 0,1mg/kg en Portete de la zona sur, pero promedia 0,23mg/kg en la zona norte. Lo que no se sabe con este elemento es si las concentraciones registradas en este estudio simbolizan un peligro porque no se estableció el riesgo potencial y tampoco se encontró legislación que permita comparar el resultado.

## Cobre

Según la Guía de Buenas Prácticas Ambientales para las Empresas Náuticas de España, en el medio marino, para peces, crustáceos, moluscos, insectos y plancton, el Cobre es un tóxico muy poderoso. Combinándose con cadmio, zinc o mercurio se potencia su efecto tóxico.

La Legislación de Australia y Nueva Zelanda establece un límite de 5mg/kg y el promedio obtenido por este estudio revela un promedio de 1,16mg/kg de cobre, la legislación China en cambio establece un valor de 50mg/kg para productos acuáticos existiendo una gran diferencia con el promedio. Sumado a que es un metal que ocurre naturalmente en el ambiente en rocas, el suelo, el agua y el aire y que en cantidades moderadas es esencial para plantas y animales se cree que las cantidades encontradas son normales (Figura 42).



**Figura 42.** Comparación de Cobre con legislación de organizaciones y otros países

## Manganeso, Estroncio, Zinc y Cromo

Según este estudio, los niños, mujeres y hombres pueden consumir 3 o más porciones al mes de moluscos bivalvos (*Anadara tuberculosa*) respecto a los elementos Manganeso, Estroncio, Zinc y Cromo sin llegar a niveles de bioacumulación que puedan causar efectos dañinos en el organismo (Figura 43).

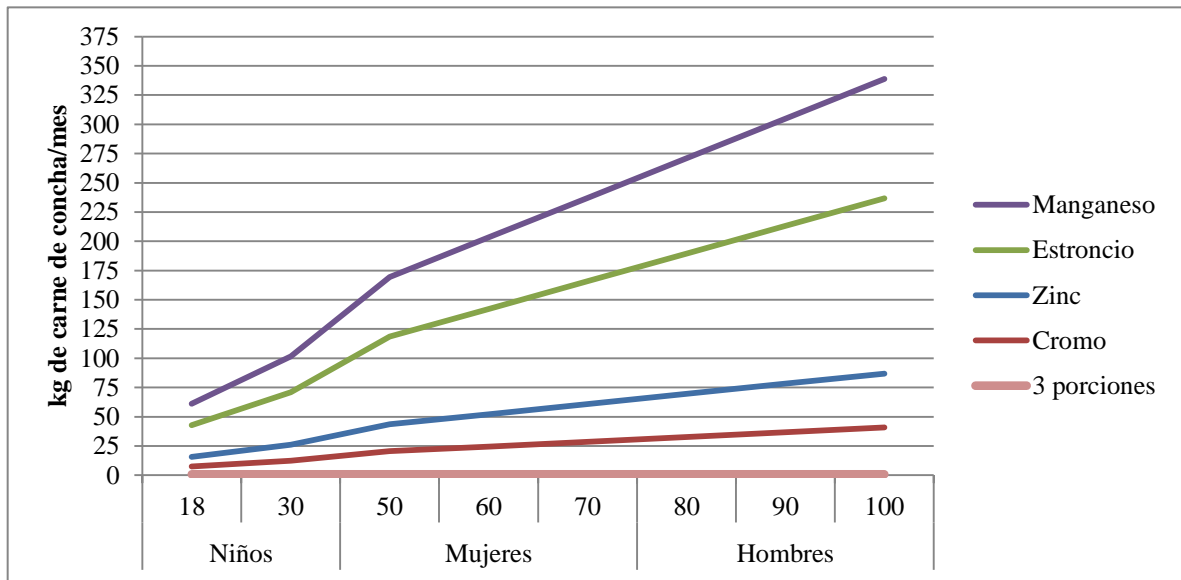


Figura 43. Ingesta mensual permisible de Manganeso, Estroncio, Zinc y Cromo

#### *Factor de Bioconcentración*

Se calculó el Factor de Bioconcentración para 10 elementos de la zona norte de la provincia de Esmeraldas.

El gobierno de Canadá en 1999, mediante el programa CEPA (Ley Canadiense de Protección Ambiental) establece que una sustancia es bioacumulable cuando es  $\geq 5000\text{BCF}$ , la Unión Europea mediante el programa REACH (Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de Sustancias Químicas) establece que  $\geq 2000\text{BCF}$  es bioacumulable y  $\geq 5000\text{BCF}$  muy bioacumulable, los Estados Unidos mediante la TSCA (Ley de Control de Sustancias Tóxicas) y TRI (Inventario de Emisiones Tóxicas) constituye que valores entre  $1000\text{BCF}$ - $5000\text{BCF}$  son bioacumulable y  $\geq 5000\text{BCF}$  muy bioacumulable, por último el Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas en el Convenio de Estocolmo establece que son bioacumulable los valores  $\geq 5000\text{BCF}$ .

Para este estudio se aplicaran los criterios de Estados Unidos, es decir los valores entre 1000BCF y 5000BCF son bioacumulable y  $\geq 5000$ BCF muy bioacumulable ya que engloba los otros criterios establecidos.

**Tabla XV.** Factor de Bioconcentración

<b>Elemento</b>	<b>BCF</b>
Bario	10
Cobalto	335
Cromo	666,7
Fósforo	50000
Magnesio	203,9
Manganeso	130
Potasio	1444,4
Sodio	645,16
Vanadio	115
Azufre	1790,56

En la tabla XV se observan los resultados de factor de bioconcentración y a pesar de que según el análisis de riesgo potencial solo arsénico y cadmio requieren atención, hay otros elementos que no necesariamente representan un problema en la actualidad pero tienen gran capacidad de bioacumulación como el fosforo que se encuentra de color rojo por ser “muy bioacumulable”, el Potasio y Azufre que están en amarillo por ser bioacumulable.

Hay que tomar en cuenta que algunas variables ambientales pueden afectar a la acumulación de metales en bivalvos. La salinidad tiene un efecto negativo sobre la acumulación de metales (Wang y Fisher, 1996; Wang, 2001).

El aumento de la salinidad puede incrementar la movilización de metales y su retención por dos mecanismos. Primeramente, los cationes Na y K pueden reemplazar a metales pesados en lugares de intercambio catiónico; en una segunda fase, los aniones cloruro y sulfato pueden formar compuestos más estables con metales tales como Pb, Zn, Cu, Cd y Hg (Galán & Romero, 2008). La presencia de partículas coloidales también puede aumentar la concentración de metales en fase particulada, lo que favorece la incorporación de metales en los bivalvos ya que los moluscos bivalvos se alimentan filtrando partículas suspendidas en el agua, y entonces transfieren tales partículas de comida de las branquias a los órganos digestivos (Hernández Orozco & Gárate Lizárraga, 2006).

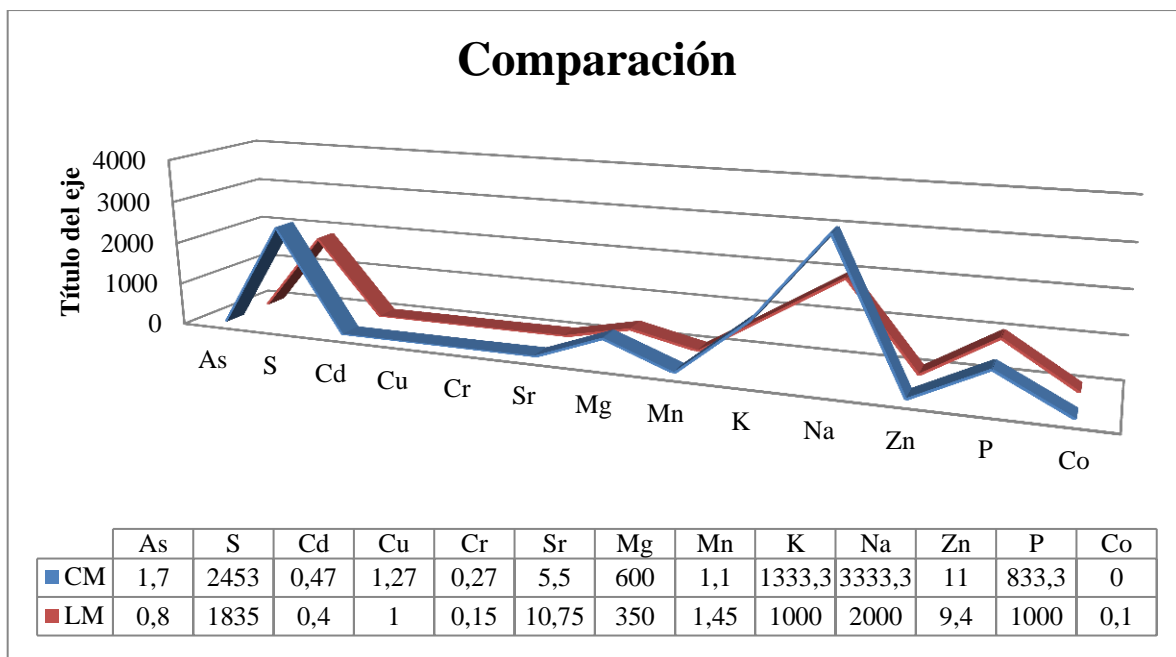
Los mariscos, como las almejas y los moluscos, contienen aproximadamente 48 mg de sodio por porción de 3 onzas (85g) (Ulmer, n. d) es decir 564, 70mg/kg y al observar los valores de sodio en este estudio con promedio de 3000mg/kg, es incuestionable que la salinidad ha jugado un papel muy participativo en este estudio. En la tabla XVI se detalla la composición de agua de mar a 3.5% de salinidad (Turekian, 1968). Nota: ppm = partes por millón = mg/litro = 0.001g/kg.

**Tabla XVI.** Composición del agua de mar

Elemento	Cantidad(mg/L)
Sodio NaCl	883,000
Magnesio Mg	19,400
Sulfuro S	1,290
Potasio K	904
Fosforo P	0,088
Vanadio v	0,0019
Cromo Cr	0,0002
Manganeso Mn	0,0004
Cobalto Co	0,00039
Cadmio Cd	0,00011
Bario Ba	0,021
Cobre Cu	0,0009
Zinc Zn	0,005
Arsénico	0,0026
Estroncio	8,1

Fuente: Modificado de Turekian, 1968.

Como es evidente, los elementos encontrados en este estudio forman parte de la composición del agua de mar y como sabemos que la salinidad influye en los contenidos de metales pesados, tendría lógica que las localidades que se encuentran más cercanas al mar tengan mayores concentraciones de los mismos. Al agrupar las localidades que se encuentran más cercanas al mar (CM) como Palma Real, Muisne y Portete versus las que están lejos del mar (LM) como Nadadero Grande y San Antonio, es notorio que esto ocurre con Arsénico, Azufre, Cadmio, Cobre, Magnesio, Potasio y Zinc (Figura 44).



**Figura 44.** Comparación de las localidades cercanas al mar vs lejos del mar

### *Cobalto*

Esta comparación (de la Figura 51) también hizo notoria la ausencia de Cobalto en las localidades próximas al mar, mientras que en Nadadero Grande y San Antonio promedian 0,1mg/kg, lo que hace pensar que de la presencia de cobalto sea por actividades domésticas realizadas en la localidades de Nadadero Grande y San Antonio. No se encuentra legislación de otros países y tampoco se pudo hallar el riesgo potencial por lo que no se sabe si los niveles presentes alcanzan a provocar efectos perjudiciales para la salud de las personas.

### *Propuesta de límites permisibles*

Conforme a los resultados de la propuesta de límites permisibles, los elementos que rebasan estos límites son arsénico y cadmio, superando más del doble (en ambos casos) de lo permitido. Los demás elementos no presentan problemas. En la tabla XVII se presentan los datos que sustentan la propuesta:

**Tabla XVII.** Comparación de propuesta de límites vs resultados

<b>Elemento</b>	<b>Concentración permisible (mg/kg)</b>	<b>Promedio de resultados (mg/kg)</b>
Arsénico	0,909	1,34
Bario	606,323	0,14
Cadmio	0,303	0,44
Cobalto	30,316	0,04
Cobre	30,316	1,16
Cromo	9,095	0,22
Estroncio	1818,969	7,6
Manganeso	424,426	1,24
Vanadio	30,316	0,14
Zinc	909,485	10,36

## 5. CONCLUSIONES

### *Metales y no metales*

- No se estableció una relación directa entre el contenido de metales y no metales detectados en *Anadara tuberculosa* por el laboratorio y las actividades económicas (Cultivo de Camarón, Producción de Palma Aceitera y Minería Aurífera).
- Los contenidos de Vanadio y Bario en *Anadara tuberculosa* en la zona norte de la provincia, no alcanzaron niveles que pudieran causar efectos negativos en la salud de las personas, siendo probablemente indicadores de alguna actividad antrópica, sin embargo al no conocerse las concentraciones de estos compuestos en el medio directo de donde se extrajeron las conchas (sedimentos y agua) no pueden ser atribuidos correctamente. Estos compuestos no fueron detectados en el cantón Muisne.
- Las concentraciones de Arsénico en *Anadara tuberculosa*, podrían atribuirse al impacto negativo de actividades antropogénicas hacia los manglares de la provincia de Esmeraldas, ya que superan los valores permisibles de legislaciones de otros países y organizaciones; por lo que acusan alguna anormalidad.
- Solamente los contenidos de Arsénico y Cadmio podrían presentar riesgo para el consumo de *Anadara tuberculosa* en las personas, mientras que otros metales también presentes como el Cromo, Cadmio, Estroncio, Bario, Zinc y Manganeso representarían un riesgo mínimo en función del presente estudio

### *Pesticidas*

- Aunque la presencia de los pesticidas no fuera detectada en *A. tuberculosa*, no se descartaría su presencia en el área de estudio, como también el potencial riesgo para la salud humana asociado a la presencia de estas sustancias, requiriéndose de un mayor número de análisis.

### *Factor de bioconcentración*

- En el análisis de Bioacumulación, a través de BCF demuestra que *Anadara tuberculosa* posee gran capacidad de bioacumulación de Fósforo, y en menor grado Potasio y Azufre.

### *Permisibilidad y Regulaciones*

- La propuesta de límites permisibles de Arsénico con 0,9mg/kg es similar (incluso más estricta) a la legislación estipulada por la FAO, UE, FDA, Brasil, Hong Kong y Chile. Los contenidos de este metal en ejemplares del presente estudio superan la propuesta de límites permisibles siendo principalmente preocupante su consumo por parte de niños.
- Al igual que con el Arsénico, la propuesta de límites permisibles de Cadmio es rigurosa en comparación a la legislación estipulada por Suiza, México, Brasil, Costa Rica, Australia y Nueva Zelanda y UE. Los promedios obtenidos en el presente estudio también superan la propuesta de límites permisibles siendo principalmente preocupante su consumo por parte de niños.
- Los valores elevados de la propuesta de límites permisibles del presente estudio para los elementos Bario, Cobalto, Cobre, Cromo, Estroncio, Manganeso, Vanadio y Zinc se contradicen con marcos regulatorios internacionales.

## 6. RECOMENDACIONES

### *Metales y no metales*

- La investigación sobre contaminantes por metales y no metales en moluscos bivalvos de manglares de la provincia de Esmeraldas debería ser ampliada a otras localidades, del mismo modo debería aumentarse el número de análisis de parámetros físicos y químicos, debiendo tener repeticiones y realizarse en diferentes épocas del año.
- Bajo el principio de precaución estipulada en la legislación ecuatoriana y con el objetivo de prevenir daños a la salud de consumidores de mariscos, se considera necesario informar en la medida de lo posible, sobre los potenciales riesgos que involucraría el consumo de moluscos bivalvos (*Anadara tuberculosa*) extraídos en los manglares de la provincia de Esmeraldas, debido a las altas concentraciones de Arsénico y Cadmio, existiendo antecedentes de los potenciales efectos nocivos que involucraría su consumo.

### *Pesticidas*

- Al realizar este tipo de estudios se debe tomar especial cuidado en la sensibilidad de los equipos analíticos con los que cuenten los laboratorios seleccionados, ya que los metales y contaminantes orgánicos se encuentran en niveles traza y algunos equipos no poseen los niveles de sensibilidad requeridos por lo que sus resultados arrojarían ausencia de los mismos, lo cual puede ser falso.

### *Factor de bioconcentración*

- Para tener más argumentos sobre este parámetro en *A. tuberculosa* así como en cualquier bivalvo o ser filtrador, se deberían ampliar los análisis hacia el medio físico, realizando los mismos estudios sobre el contenido de contaminantes orgánicos y metales pesados en agua y sedimentos para observar los cambios en el factor de bioacumulación entre localidades.

### *Permisibilidad y Regulaciones*

- Se recomienda tomar en cuenta los criterios de países con normativas ambientales y de salud pública mencionados en el presente estudio especialmente con los elementos Arsénico y Cadmio tomando en cuenta que la legislación Ecuatoriana no cuenta con este tipo de información y los resultados del presente estudio acusan potenciales problemas de exposición a los mismos.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Accion Ecológica. (2001). *Accion Ecológica*. Recuperado el 25 de Junio de 2012, de <http://www.accionecologica.org>
- Acción Ecológica. (n. d.). *Acción Ecológica*. Recuperado el 14 de 10 de 2013, de Ecosistemas costeros: Cómo Operan las Camaroneras: <http://www.accionecologica.org/component/content/article/496>
- Adriano, & Domy, C. (2001). *Elementos Traza en Ambientes Terrestres: Biogeoquímica, biodisponibilidad y Riesgos de Metales*.
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (20 de Abril de 2012). *Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos*. Recuperado el 9 de Agosto de 2013, de Glosario: [www.epa.gov](http://www.epa.gov)
- Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutricion. (18 de 01 de 2012). *Informe científico de EFSA sobre la exposición de cadmio a través de la dieta en la población europea*. Recuperado el 7 de agosto de 2013, de [http://www.aesan.msc.es/AESAN/web/punto\\_focal\\_efsa/detalle/exposicion\\_cadmio.shtml](http://www.aesan.msc.es/AESAN/web/punto_focal_efsa/detalle/exposicion_cadmio.shtml)
- Albert, L. (1997). *Contaminantes Ambientales y Criterios de evaluación*. Mexico: Sociedad Mexicana de Toxicología.
- Altropico. (2004). *TERRITORIOS ANCESTRALES, IDENTIDAD Y PALMA: Una lectura desde las comunidades afroecuatorianas*. San Lorenzo: FUNDACIÓN ALTRÓPICO.
- Argota G, G. A. (2012). Desarrollo y bioacumulación de metales pesados en *Gambusia punctata* (Poeciliidae) ante los efectos de la contaminación acuática. *REDVET Revista Electrónica de Veterinaria*, 3.
- Arnal, N. (2010). *Intoxicación por cobre.Efectos sobre la composición lipídica y el sistema de defensa antioxidante*. La Plata: Instituto de Investigaciones Bioquímicas de La Plata.
- ATSDR. (2007a). *Arsénico*. Atlanta: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU.
- ATSDR. (2007b). *Bario y compuestos de bario*. Atlanta: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU.
- ATSDR. (2012a). *Cadmio*. Atlanta: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU.
- ATSDR. (2004a). *Cobalto*. ToxFAQs.

- ATSDR. (2004b). *Cobre*. Atlanta: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU.
- ATSDR. (2012b). *Cromo*. Atlanta: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU.
- Baird, C. (2001). *Química Ambiental*. Barcelona: Reverte.
- Barbalace, K. (1995). *Environmental Chemistry*. Recuperado el 17 de 09 de 2013, de abla periódica de los elementos - Azufre - S. : <http://EnvironmentalChemistry.com/yogi/periodic/S.html>
- Batán, J. M. (2001). *METALES PESADOS EN ALIMENTACIÓN ANIMAL*. COREN S.C.L., 32003 Orense.
- Beach, D. y. (1994). *A Hedonic Analysis of Herbicides: Do User Safety and Water Quality Matter?* American Journal of Agricultura Economics, Americcan Economics Association (AAEA).
- Bravo, E. (n. d). *La Industria Camaronera en Ecuador*. Acción Ecológica.
- Bruinsma, B. (2009). *Producción de biodiesel de palma aceitera y jatropha en la Amazona del Perú y el impacto para la sostenibilidad*. Universiteit Nederland.
- Cámara Nacional de Acuacultura. (2013). DIRNEA Censo camaronero en zonas de playa y bahía. *Aquacultura* (96), 12.
- Castañé, Topalián, Cordero, & Salibián. (2002). Influencia de la especiación de los metales pesados en medio acuático como determinante de su toxicidad. *Revista de Toxicología* , vol. 20, núm. 1, 2003, pp. 13-18,.
- C-CONDEM. (2005). *“CERTIFICANDO LA DESTRUCCIÓN”: ANÁLISIS INTEGRAL DE LA CERTIFICACIÓN ORGANICA A LA INDUSTRIA CAMARONERA EN EL ECUADOR*. Quito.
- C-CONDEM. (2 de 2 de 2009). *Coordinación Coordinadora Nacional para la defensa del Ecosistema Manglar*. Recuperado el 15 de 05 de 2013, de Defensores del manglar preparan encuentro nacional : <http://www.ccondem.org.ec/tempcon.php?c=577>
- C-CONDEM. (2010). *Corporación Coordinadora Nacional para la Defensa del Ecosistema Manglar del Ecuador*. Recuperado el 4 de Septiembre de 2012, de <http://www.ccondem.org.ec/cms.php?c=185>
- Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Plitecnico Nacional. (2007). Los moluscos y la contaminación. *Revista Mexicana de Biodiversidad* , 1S- 7S.

- Centro de Investigaciones Ecológicas de Guayacán, U. d. (2008). VARIACIÓN ESTACIONAL DE METALES PESADOS EN PERNA VIRIDIS, DE LA LOCALIDAD DE GUAYACÁN, PENÍNSULA DE ARAYA, ESTADO SUCRE, VENEZUELA. *The Biologist* , 127.
- Centro Internacional de Evaluación de Recursos de Aguas Subterráneas . (1 de Abril de 2008). *Centro Internacional de Evaluación de Recursos de Aguas Subterráneas* . Recuperado el 14 de Abril de 2013, de Arsénico en aguas subterráneas: un problema mundial": <http://www.un-igrac.org/publications/301.#sthash.NzCh7ljD.dpuf>
- Chávez, F. (3 de Julio de 2010). *Laboratorio de Microbiología Molecular y Biotecnología Departamento de Biología Facultad de Ciencias Universidad de Chile* . Recuperado el 28 de Septiembre de 2013, de Los derrames de petróleo incrementarían los niveles de arsénico en los océanos: <http://www.bioblogia.com/2010/07/derrames-de-petroleo-incrementarian-los-niveles-de-arsenico-en-los-oceanos/>
- CID-PUCESE. (2011). *Anuario de Investigación y Desarrollo*. Esmeraldas: PUCESE.
- Claudio, J. C., & Gustavo, P. M. (2001). *Pesticidas tradicionales y contaminantes emergentes en la producción hortofrutícola*.
- CLIRSEN. (2004). *Acceso a los alimentos, crisis ambiental y relaciones de género un análisis de los impactos de la actividad camaronera en Muisne, Esmeraldas, Ecuador*. Muisne: Silvia Paucio de Vidal.
- Colunga, L. (2001). *VALIDACION DE UN METODO ANALITICO PARA LA DETERMINACION DE CONTAMINANTES ORGANICOS VOLATILES EN AGUA POR CROMATOGRAFIA DE GASES*. Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León: Depto. de Química Analítica de la Facultad de Medicina.
- Consejo Nacional de Investigación de Canadá. (2006). *A review of biocentration factor (BCF) and bioaccumulation factor (BAF) assessment for organic chemicals in aquatic organisms*. Environ. Rev. Vol 14.
- CORPEL. (2008). *Situacion de la industria Camaronera en el Ecuador*. Proyecto No.: ECU-013-2008.
- Croonenberghs. (2000). Contamination in shellfishgrowing areas. In *Marine & Freshwater Products Handbook*. Technomic Publishing Co., U.S.A. pp 665-693.
- Departamento de Salud de Nueva Jersey. (2007). *Hoja Informativa sobre sustancias peligrosas*. Nueva Jersey: Departamento de Salud de Nueva Jersey.

- Departamento de Salud y Servicios para Personas Mayores de New Jersey. (2005). *Hoja Informativa sobre sustancias peligrosas*. New Jersey: Departamento de Salud de New Jersey.
- Desarrollo, C. d. (2003). *Manual de Buenas Prácticas de Producción Acuícola de Moluscos Bivalvos para la Inocuidad Alimentaria*. Mazatlán: ISBN: 968-5384-03-7.
- Díaz, A. A. (2003). *METALES PESADOS*. CATICE de Gandía SECRETARIA DE ESTADO DE TURISMO Y COMERCIO.
- Dougnac, M. L. (1999). *EFFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN POR ARSÉNICO DEL RÍO LOA EN MOLUSCOS DEL LITORAL DE LA PRIMERA Y SEGUNDA REGIONES*. Antofagasta: INACAP TABANCURA.
- El Comercio. (2 de Junio de 2013). La fiebre del oro devasta Esmeraldas. *El Comercio* .
- El País. (09 de 11 de 1998). Greenpeace cree una "barbaridad" elevar el límite de cobre en moluscos. *El País* .
- ESPAC. (2012). *Ecuador en cifras*. Recuperado el 05 de Enero de 2014, de Visualizador de Estadísticas Agropecuarias del Ecuador ESPAC: <http://200.110.88.44/lcds-samples/testdrive-remoteobject/main.html#>
- El Universo. (Domingo de Julio de 2012). Menos manglares en el perfil costero pone en riesgo a especies. *El Universo* .
- Elementos. (2013). *Elementos de la tabla periódica y sus propiedades*. Recuperado el 10 de 07 de 2013, de Fosforo: <http://elementos.org.es/fosforo>
- Emsley, J. ( 2001). *Nature's Building Blocks*.
- Escobar, J. (2002). *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras*. Santiago: CEPAL.
- Espol-Fonaprode. (1984). La Crianza de camarones en el Ecuador. Cultivos de camararón. 68, 488.
- FAO. (1989). *NUTRICION Y ALIMENTACION DE PECES Y CAMARONES CULTIVADOS MANUAL DE CAPACACITACION*. Brasil: ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION.
- FAO. (2006). *Programa de información de especies acuáticas. Penaeus vannamei. Programa de información de especies acuáticas*. Recuperado el 23 de Agosto de 2012, de exto de Briggs, M. In: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO [en línea]. Roma.

Actualizado 7 April 2006:

[http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Litopenaeus\\_vannamei/es](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Litopenaeus_vannamei/es)

- Figuroa, C. C. (2007). *Evaluación del Riesgo por el consumo de moluscos contaminados con cadmio, cromo y plomo*. Iztapalapa: Universidad Autónoma Metropolitana.
- FLACSO, C. d. (2011). *Boletín Mensual de Análisis Sectorial de MIPYMES: Procesamiento de camarón para exportación*. Quito: FLACSO.
- Gaete, H., Aránguiz, F., Cienfuegos, G., & Tejos, M. (2007). *Metales pesados y toxicidad de aguas del Río Aconcagua en Chile*. Chile: Química Nova.
- Galán, E., & Romero, A. (2008). *Contaminación de suelos por metales pesados*. Revista de la sociedad Española de minerología.
- Gieco, L., & Maté, C. (2003). *"Cadmio, un toxico encubierto"*. Universidad CAECE.
- Guertin, J., Jacobs, J., & Avakian, C. (2005). *Chromium (VI) Handbook ETEG: Independent Environmental Technical Evaluation Group*. CRC Press.
- Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. (1978). *Guidelines for Canadian Drinking Water Quality*. Quebec: Ministry of Supply and Services.
- Gutiérrez, E., Flores, G., Villaescusa, J., & González, J. (1991). *Metales pesados en tejidos y en biodepositos sedimentarios del ostión Crassostrea gigas de la zona de cultivo de bahía San Quintín, Baja California, México*. Baja California: Invest. Mar CICIMAR, vol. 6( 1 ): 176-186.
- Hernández Orozco, M., & Gárate Lizárraga, I. (2006). *Síndrome de envenenamiento paralizante por consumo de moluscos*. La Paz, B.C.S., México.: Instituto Mexicano del Seguro Social. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN).Departamento de Plancton y Ecología Marina.
- Higueras, P. L., Oyarzun, R., & Maturana, H. (n.d). *Minería y Toxicología*. Recuperado el 18 de 09 de 2012, de Análisis del Riesgo:  
[http://www.uclm.es/users/higueras/mam/Mineria\\_Toxicidad4.htm](http://www.uclm.es/users/higueras/mam/Mineria_Toxicidad4.htm)
- Icarito. (29 de Junio de 2011). *Icarito*. Recuperado el 25 de Junio de 2013, de El cobre:  
<http://www.icarito.cl/enciclopedia/articulo/segundo-ciclo-basico/educacion-tecnologica/materias-primas/2009/12/72-3332-9-el-cobre.shtml>
- IGME. (2003). *Panorama Minero*. Recuperado el 19 de Julio de 2013, de Estroncio:  
<http://www.igme.es/internet/recursosminerales/panoramaminero/panorama-minero.htm>

- Indeglia, P. (2012). *Tratamiento de Efluentes Mineros Auríferos Artesanales, Estudio de caso para los cantones Eloy Alfaro y San Lorenzo en Esmeraldas, Ecuador*. Esmeraldas: CID-PUCESE.
- IUPAC. (2002). “*HEAVY METALS*”—A *MEANINGLESS TERM*? The Edinburgh Centre for Toxicology, 43 Mansionhouse Road, Edinburgh EH9 2JD, Scotland.
- Jara, A., Parker, J., & Rodriguez, M. T. (2002). *Proyecto de camaronera Inland*. Escuela Superior Politecnica Nacional.
- Jiménez, A. (2012). *Elementos Nitrogenados*.
- Jiménez, A. (n. d). Recuperado el 10 de 07 de 2013, de Fosforo: Juan E. Figueruelo, M. M. (2004). *Química Física del Ambiente y de los Procesos Medioambientales*. Barcelona: Reverte .
- La estafa de la certificación ecologica. (n.d). *La estafa de la certificación ecologica*. Recuperado el 17 de 09 de 2013, de <http://estafaecologica.wordpress.com/>
- Lee, Wallace, & Luoma. (1998). *Uptake and loss kinetics of Cd, Cr and Zn in the bivalves Potamocorbula amurensis and Macoma balthica: effects of size*. Marine Ecology Progress Series 175: 177-189.
- Lenntech. (2013a). *Bario*. Recuperado el 05 de Enero de 2014, de Propiedades químicas del Bario: <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/s.htm>
- Lenntech. (2013c). *Propiedades del Fósforo*. Recuperado el 05 de Enero de 2014, de Fósforo: <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/p.htm>
- Lenntech. (2013b). *Propiedades químicas del Estroncio*. Recuperado el 5 de Enero de 2014, de Estroncio: <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/sr.htm>
- Lenntech. (2013d). *Propiedades químicas del Magnesio*. Recuperado el 05 de Enero de 2014, de Magnesio: <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/s.htm>
- Lenntech. (2013). *Propiedades químicas del Potasio*. Recuperado el 17 de Octubre de 2013, de Potasio: <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/k.htm>
- Lenntech. (2013). *Propiedades químicas del Potasio*. Recuperado el 17 de Octubre de 2013, de Potasio: <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/k.htm>
- Loor, J. (2008). *Estudio de la Combinación de Fertilizantes químicos en vivero de palma de aciete híbrida (Elaeis Oleífera x Elaeis Guineensis) para optimizar el desarrollo en las palmeras del Ecuador*. Shushufindi: Escuela Superior Politécnica Ecológica Amazónica.

- MacKenzie, C. (2001). The Fisheries for Mangrove Cockles, *Anadara* spp., from Mexico to Peru, With Descriptions of Their Habitats and Biology, the Fishermen's Lives, and the Effects of Shrimp Farming. *Marine Fisheries Review* , 63(1).
- Mandelli. (1979). *Determinación de elementos traza (Pb, Cd, Cu, Mn, Zn, Fe y As) en salmones coho (Oncorhynchus kisutch) mediante espectrofotometría de absorción atómica en la X Y.*
- Marín, H. (2009). *Descripción y análisis de impactos ambientales típicos relacionados a la actividad de producción acuícola en el Ecuador.* Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Martorell, J. (2010). *BIODISPONIBILIDAD DE METALES PESADOS EN DOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS DE LACOSTA SURATLÁNTICA ANDALUZA AFECTADOS POR CONTAMINACIÓN DIFUSA.* Universidad de Cadiz.
- McLean, A. K. (1971). *Sea Shells of Tropical West America: Marine Mollusks from Baja California to Peru.* California: Stanford University Press.
- Mejía, L. E. (2006). *Cultivo de Palma Africa Guía Técnica.* Monagua: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Mero, M. (2010). *Determinación de metales pesados (Cd y Pb) en moluscos bivalvos de interés comercial de cuatro esteros del Golfo de Guayaquil.* Guayaquil: Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Naturales.
- Ministerio Coordinador de Seguridad de Ecuador. (2011). La tragedia de la Minería ilegal en Ecuador. *Revista Institucional del Ministerio Coordinador de Seguridad* , [www.mics.gob.ec](http://www.mics.gob.ec).
- Ministerio del Ambiente de Perú. (2011). *MINERÍA AURÍFERA EN MADRE DE DIOS Y CONTAMINACIÓN CON MERCURIO.* Lima: Súper Gráfica E.I.R.L.
- Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales. (2001). *El amargo fruto de la palma aceitera: despojo y deforestación.* Montevideo: Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales.
- Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales. (2002). *Manglares Sustento local versus ganancia empresarial.* Montevideo: EDITORIAL DEL BOLETIN DEL WRM DEDICADO A MANGLARES.
- Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales. (2006). *PALMA ACEITERA de la cosmetica al biodiesel.* Montevideo: Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales..

- Munger, & Croteau. (1998 y 2005). *Efecto de los metales sobre microcrustáceos de agua dulce. Avances metodológicos y potencialidad de cladóceros y copépodos como organismos test*. Lima: ISSN 1727-9933.
- Naciones Unidas. (2007). *Guía de los peligros para el medio ambiente acuáticos*. Naciones Unidas.
- Nordberg, & Sunderman. (2001). *3ª edición de la Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo: Manganeso*. España: Comité Científico sobre la Toxicología de los Metales y la Comisión Internacional de Medicina del Trabajo.
- OMS. (Diciembre de 2012). *Organización Mundial de la Salud*. Recuperado el 17 de 09 de 2013, de Arsénico: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs372/es/>
- Ongley, E. (1997). *Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos*. Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Orante, C. (2010). *Reconocimiento de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos como alternativa para determinar la calidad del agua del Río Sensunapán, Departamento de Sonsonate*. San Salvador: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.
- Organizacion Mundial de la Salud. (2007). *Organizacion Mundial de la Salud*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2013, de Arsénico: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs372/es/index.html>
- Orreola, S. R. (2012). *ORDENAMIENTO TERRITORIALMICRORREGIÓN AGUA BLANCA. AGUA BLANCA*.
- Phillips, D. (1976). *The common mussel M. edulis. as an indicator of pollution by Zn, Cd, Pb y Cu. I. Effect of environmental variables on uptake of metals*. Mar. Biol., 38:59-69.
- PNUD, G. D. (2011). *Práctica de Energía y Medio Ambiente Series de Guías de Incorporación del Género Gestión de los productos químicos*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Quero, A. (1 de Febrero de 2012). *Terrorista Ambiental*. Recuperado el 20 de Agosto de 2012, de [http://terrorismoambiental.espacioblog.com/post/2012/02/01/la-comision-europea-advierte-quince-nuevos-contaminantes-en+](http://terrorismoambiental.espacioblog.com/post/2012/02/01/la-comision-europea-advierte-quince-nuevos-contaminantes-en)
- Quintamar, S. (2007). *Transferencia de Cadmio, Plomo y Cobalto en alimentos almacenados en vasijas de barro elaboradas en cuatro municipios del estado de Hidalgo*. Pachuca: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

- Ramos. (2007). *Pleurotus ostreatus CULTIVADO EN RESIDUOS DE PALMA ACEITERA COMO IMPORTANTE FUENTE PROTEICA PARA LA DIETA HUMANA*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- RAMSAR. (2012). Humedales: agua, vida y cultura. *8a. Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971)*, (pág. Resolución VIII.32). Valencia.
- RdNatural. (2013). *Natural Saluzvir*. Recuperado el 15 de Octubre de 2013, de Azufre: <http://www.rdnatural.es/blog/azufre/>
- Rendón, M., & Suárez, E. (2007). *MANEJO SUSTENTABLE Y COMERCIALIZACIÓN DE CONCHA PRIETA EN CAUTIVERIO, EN PUERTO EL MORRO – PROVINCIA DEL GUAYAS, PARA SU EXPORTACIÓN HACIA ESPAÑA*. Guayaquil: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.
- Saldivar, L., Tovar, A., & Namihira, D. (1997). *Introducción a la Toxicología Ambiental: Cadmio*. Metepec, Estado de México: Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2010). *La Biodiversidad es esencial para las inversiones en bosques y carbono*. Secretaria del Convenio sobre la diversidad biológica.
- SENASICA. (2003). *Manual de Buenas Prácticas de Producción Acuícola de Moluscos Bivalvos para la Inocuidad Alimentaria*. Mazatlán: ISBN: 968-5384-03-7.
- SUBDIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD EXTERIOR. (2009). *ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS LEGISLACIONES DE LA R.P. CHINA Y DE LA UE O NACIONAL APLICABLES A LOS PRODUCTOS DE LA PESCA*. Beijing: Ministerio de Sanidad y Consumo.
- Subsecretaría de Recursos Pesqueros. (2005). *Acuerdo Ministerial N° 005 (Concha)*. Guayaquil: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca.
- Talbot, V. (1985). *Relationship Between Cadmium Concentrations in Seawater and Those in the Mussel Mytilus edulis*. Marine Biology, 85 : 51 – 54.
- Tapia, J. (1997). *"Evaluación de la contaminación por cromo en un sistema fluvial de Chile Central: Una propuesta para la disminución en su origen"*. Talca: Instituto de Química de Recursos Naturales, Universidad de Talca,.
- TECNUN. (2013). *Ciclo del Fósforo*.

- Thomson, J. (1982). *Metal Concentration Changes in Growing Pacific Oyster, Crassostrea gigas, Cultivated in Tasmania, Australia*. . Marine Biology, 67: 135-142.
- Turekian, K. K. (1968). *Oceans*. Prentice-Hall.
- Ulmer, G. (n. d). *How en España*. Recuperado el 12 de 10 de 2013, de Contenido de sodio de los productos cárnicos: [http://www.ehowenespanol.com/contenido-sodio-productos-carnicos-info\\_175207/](http://www.ehowenespanol.com/contenido-sodio-productos-carnicos-info_175207/)
- Universidad Tecnològica Nacional. (2008). *Reduccìon de Arsènico en agua Uso de un mètodo domèstico*. Argentina: Editorial de la Universidad Tecnològica Nacional.
- USEPA. (2010). *Guidance for implementing the january 2011 Methylmercury Water Quality Criterion*. Washington, DC 20460: Environmental Protection Agency, Office of Water.
- Wang y Fisher, 1996; Wang. (2001). *Assimilation of trace elements and carbon by the mussel Mytilus edulis: Effects of food composition*. Limnology and Oceanography 41 (2):.
- Wang, S., & Mulligan, C. (2006). Occurrence of Arsenic Contamination in Canada: Sources, Behavior and Distribution. Science of The Total Environment.
- Webecola. (n. d). *Webecola*. Recuperado el 30 de 09 de 2013, de Efectos sobre el medio ambiente: [http://www.fq.uh.cu/webeco/efectos\\_ambientales.htm](http://www.fq.uh.cu/webeco/efectos_ambientales.htm)
- White, S. T. (1985). *Natural disturbance and patch dynamic*. New York: Academic Press.
- Zarogian, G. (1980). *Crassostrea virginica as an Indicador of Cadmium Pollution*. Marine Biology, 58: 275-284.

## **8. ANEXOS**

**ANEXO 1.** Registro de tallas y pesos de los ejemplares seleccionados

Zona Sur:

Muisne				Portete		
#	Talla (mm)	Peso (gr)	Partes Blandas (gr)	Talla (mm)	Peso (gr)	Partes Blandas (gr)
1	55	50,4	15	49	32,3	
2	44,8	23,7		54,65	31,1	
3	51,7	39,7	12	50,1	32,4	
4	57,75	72,2	18,9	59,9	54	15,7
5	49,6	35,8	11,8	61,2	59,7	20,3
6	51,6	25,3		54,25	39,8	
7	49,6	31,9		54,4	29,8	
8	58,25	49,7	14	57,4	44,6	14,5
9	53,4	39	16,2	58,3	40,1	
10	49,4	27,7		49,89	36,7	
11	49,65	33,9		55,45	47,6	14,9
12	46	26,3		50,4	32,7	
13	49,95	35,3	11,8	52,35	43,8	13,6
14	44,7	22,1		56,7	49,9	16,2
15	52,3	33,5		54,65	42,6	
16	47,8	29,9		51,5	38,1	
17	50	42,5	13,6	51,3	33,4	14,9
18	45,65	26,1		57,8	45,6	
19	39,7	32,4		51,5	30	
20	46,8	28,7		50,7	31,2	
21	47	24,4		53,5	40,1	
22	45,5	24,9		50,4	33,1	
23	47,75	29,7		53	33,5	
24	46	23,8		53	40,5	
25	40,5	15,4		49,55	30,8	
Total			113,3			110,1

Zona Norte:

Palma Real				San Antonio			Nadadero Grande		
#	Talla (mm)	Peso (gr)	Partes Blandas (gr)	Talla (mm)	Peso (gr)	Partes Blandas (gr)	Talla (mm)	Peso (gr)	Partes Blandas (gr)
1	58,35	75,6	20,6	53,05	56,1		55,2	39,7	18,4
2	53	42,2		57,75	58,3		52,2	45,4	13,8
3	53,9	45,6		57	53		59,1	62,8*	22,3
4	56,3	51,9		55,9	42,2		49,25	31,7	
5	64,2	79,9	27,5	50,85	33,8		50,15	36,9	11,4
6	56	51,3		62,2	76,7	23,9	50	32,5	
7	62	71,5	24,1	49,9	31,7		49,8	24,3	
8	50,25	30,1		54	40,4		47	34	
9	62,4	69,2	24,7	59,7	64,5	23,3	48,8	33,6	
10	57,1	53,1		60,5	60,9		51,3	41	13,6
11	59,45	54,2		56,65	48,5		52,15	37,5	13,3
12	56,75	48,6		52,2	40,1		44,95	30,3	
13	53,6	41,3		58,8	59,5	20	51,75	41,2	
14	58,75	49,2	16,6	61,55	80	26,5	54	46,4	15,8
15	55	49,1		55,4	49,9		45,9	25,6	
16	57	56,6		61	76,2	23,7	48	32	
17	52,95	38,5		56,6	57,5		43	23,2	
18	48,45	30,4		57,95	56,2		48	31,7	
19	50,5	36,3		59,8	52		52,8	32,5	
20	52,5	37,7		56	43,7		44	24,8	
21	52,05	41,4		53,25	43,6		45,4	22,5	
22	50,1	35,2		53,2	43,6		44,15	24,9	
23	46,3	27,8		58	52,6		43,65	19,9	
24	49,3	36,1		53,5	50,4		47,2	32	
25	50	35,1		55	42,3		47	27,4	
Total			113,5			117,4			108,6

**ANEXO 2.** Resultados de la Exposición, Riesgo Potencial y Tasa de Consumo

## Exposición

Niños	18kg			30kg		
	2	3	4	2	3	4
Arsénico	0,0011459	0,0017189	0,0022919	0,0006876	0,0010314	0,0013751
Azufre	1,8863671	2,8295512	3,7727354	1,1318202	1,6977307	2,2636410
Bario	0,0001197	0,0001796	0,0002395	0,0000718	0,0001078	0,0001437
Cadmio	0,0003763	0,0005644	0,0007526	0,0002258	0,0003387	0,0004515
Cobalto	0,0000342	0,0000513	0,0000684	0,0000205	0,0000308	0,0000410
Cobre	0,0009920	0,0014880	0,0019840	0,0005952	0,0008928	0,0011904
Cromo	0,0001881	0,0002822	0,0003763	0,0001129	0,0001693	0,0002258
Estroncio	0,0064994	0,0097491	0,0129988	0,0038996	0,0058495	0,0077993
Fósforo	0,7696665	1,1545000	1,5393335	0,4617999	0,6927000	0,9236000
Magnesio	0,4275925	0,6413889	0,8551853	0,2565555	0,3848333	0,5131111
Manganeso	0,0010604	0,0015906	0,0021209	0,0006363	0,0009544	0,0012725
Potasio	1,0262220	1,5393333	2,0524447	0,6157332	0,9236000	1,2314667
Sodio	2,5655550	3,8483333	5,1311117	1,5393330	2,3090000	3,0786667
Vanadio	0,0001197	0,0001796	0,0002395	0,0000718	0,0001078	0,0001437
Zinc	0,0088597	0,0132896	0,0177194	0,0053158	0,0079737	0,0106317

Mujeres	50			60		
	2	3	4	2	3	4
Arsénico	0,0004125	0,0006188	0,0008251	0,0003438	0,0005157	0,0006876
Azufre	0,6790921	1,0186384	1,3581847	0,5659101	0,8488654	1,1318206
Bario	0,0000431	0,0000647	0,0000862	0,0000359	0,0000539	0,0000718
Cadmio	0,0001355	0,0002032	0,0002709	0,0001129	0,0001693	0,0002258
Cobalto	0,0000123	0,0000185	0,0000246	0,0000103	0,0000154	0,0000205
Cobre	0,0003571	0,0005357	0,0007143	0,0002976	0,0004464	0,0005952
Cromo	0,0000677	0,0001016	0,0001355	0,0000564	0,0000847	0,0001129
Estroncio	0,0023398	0,0035097	0,0046796	0,0019498	0,0029247	0,0038996
Fósforo	0,2770799	0,4156200	0,5541601	0,2309000	0,3463500	0,4618001
Magnesio	0,1539333	0,2309000	0,3078667	0,1282778	0,1924167	0,2565556
Manganeso	0,0003818	0,0005726	0,0007635	0,0003181	0,0004772	0,0006363
Potasio	0,3694399	0,5541600	0,7388801	0,3078666	0,4618000	0,6157334
Sodio	0,9235998	1,3854000	1,8472002	0,7696665	1,1545000	1,5393335
Vanadio	0,0000431	0,0000647	0,0000862	0,0000359	0,0000539	0,0000718
Zinc	0,0031895	0,0047842	0,0063790	0,0026579	0,0039869	0,0053158

Mujeres/ Hombres	70			80		
	2	3	4	2	3	4
Arsénico	0,0002947	0,0004420	0,0005893	0,0002578	0,0003868	0,0005157
Azufre	0,4850658	0,7275989	0,9701320	0,4244326	0,6366490	0,8488655
Bario	0,0000308	0,0000462	0,0000616	0,0000269	0,0000404	0,0000539
Cadmio	0,0000968	0,0001451	0,0001935	0,0000847	0,0001270	0,0001693
Cobalto	0,0000088	0,0000132	0,0000176	0,0000077	0,0000115	0,0000154
Cobre	0,0002551	0,0003826	0,0005102	0,0002232	0,0003348	0,0004464
Cromo	0,0000484	0,0000726	0,0000968	0,0000423	0,0000635	0,0000847
Estroncio	0,0016713	0,0025069	0,0033426	0,0014624	0,0021936	0,0029247
Fósforo	0,1979142	0,2968714	0,3958286	0,1731750	0,2597625	0,3463500
Magnesio	0,1099524	0,1649286	0,2199048	0,0962083	0,1443125	0,1924167
Manganeso	0,0002727	0,0004090	0,0005454	0,0002386	0,0003579	0,0004772
Potasio	0,2638857	0,3958286	0,5277715	0,2309000	0,3463500	0,4618001
Sodio	0,6597141	0,9895714	1,3194287	0,5772499	0,8658750	1,1545001
Vanadio	0,0000308	0,0000462	0,0000616	0,0000269	0,0000404	0,0000539
Zinc	0,0022782	0,0034173	0,0045564	0,0019934	0,0029902	0,0039869

Hombres	90			100		
	2	3	4	2	3	4
Arsénico	0,0002292	0,0003438	0,0004584	0,0002063	0,0003094	0,0004125
Azufre	0,3772734	0,5659102	0,7545471	0,3395461	0,5093192	0,6790924
Bario	0,0000239	0,0000359	0,0000479	0,0000216	0,0000323	0,0000431
Cadmio	0,0000753	0,0001129	0,0001505	0,0000677	0,0001016	0,0001355
Cobalto	0,0000068	0,0000103	0,0000137	0,0000062	0,0000092	0,0000123
Cobre	0,0001984	0,0002976	0,0003968	0,0001786	0,0002678	0,0003571
Cromo	0,0000376	0,0000564	0,0000753	0,0000339	0,0000508	0,0000677
Estroncio	0,0012999	0,0019498	0,0025998	0,0011699	0,0017548	0,0023398
Fósforo	0,1539333	0,2309000	0,3078667	0,1385400	0,2078100	0,2770800
Magnesio	0,0855185	0,1282778	0,1710371	0,0769667	0,1154500	0,1539334
Manganeso	0,0002121	0,0003181	0,0004242	0,0001909	0,0002863	0,0003818
Potasio	0,2052444	0,3078667	0,4104889	0,1847200	0,2770800	0,3694400
Sodio	0,5131110	0,7696667	1,0262223	0,4617999	0,6927000	0,9236001
Vanadio	0,0000239	0,0000359	0,0000479	0,0000216	0,0000323	0,0000431
Zinc	0,0017719	0,0026579	0,0035439	0,0015947	0,0023921	0,0031895

## Riesgo Potencial

Niños	18kg			30kg		
	2	3	4	2	3	4
Arsénico	2,0784889	3,1177333	4,1569778	1,2470933	1,87064	2,4941867
Bario	0,0005986	0,0008979	0,0011973	0,0003592	0,0005388	0,0007184
Cadmio	1,0237333	1,5356	2,0474667	0,61424	0,92136	1,22848
Cromo	0,0627136	0,0940704	0,1254272	0,0376281	0,0564422	0,0752563
Estroncio	0,0005986	0,0008979	0,0011973	0,0003592	0,0005388	0,0007184
Manganeso	0,0075745	0,0113617	0,0151490	0,0045447	0,0068170	0,0090894

Mujeres	50			60		
	2	3	4	2	3	4
Arsénico	0,748256	1,122384	1,496512	0,6235467	0,93532	1,2470933
Bario	0,0002155	0,0003233	0,0004310	0,0001796	0,0002694	0,0003592
Cadmio	0,368544	0,552816	0,737088	0,30712	0,46068	0,61424
Cromo	0,0225769	0,0338653	0,0451538	0,0188141	0,0282211	0,0376282
Estroncio	0,0038996	0,0058495	0,0077993	0,0032497	0,0048746	0,0064994
Manganeso	0,0027268	0,0040902	0,0054536	0,0022723	0,0034085	0,0045447

Mujeres	70			80		
	2	3	4	2	3	4
Arsénico	0,5344686	0,8017029	1,0689371	0,46766	0,70149	0,93532
Bario	0,0001539	0,0002309	0,0003079	0,0001347	0,0002020	0,0002694
Cadmio	0,2632457	0,3948686	0,5264914	0,23034	0,34551	0,46068
Cromo	0,0161263	0,0241895	0,0322527	0,0141106	0,0211658	0,0282211
Estroncio	0,0027855	0,0041782	0,0055709	0,0024373	0,0036559	0,0048746
Manganeso	0,0019477	0,0029216	0,0038955	0,0017043	0,0025564	0,0034085

Hombres	90			100		
	2	3	4	2	3	4
Arsénico	0,4156978	0,6235467	0,8313956	0,374128	0,561192	0,748256
Bario	0,0001197	0,0001796	0,0002395	0,0001078	0,0001616	0,0002155
Cadmio	0,2047467	0,30712	0,4094933	0,184272	0,276408	0,368544
Cromo	0,0125427	0,0188141	0,0250854	0,0112884	0,0169327	0,0225769
Estroncio	0,0021665	0,0032497	0,0043329	0,0019498	0,0029247	0,0038996
Manganeso	0,0015149	0,0022723	0,0030298	0,0013634	0,0020451	0,0027268

Tasa de Consumo

Peso	Niños		Mujeres			Hombres		
	18	30	50	60	70	80	90	100
Arsénico	0,004	0,0067	0,0112	0,0134	0,0157	0,0179	0,0201	0,0224
Bario	25,7143	42,8571	71,4286	85,7143	100	114,2857	128,5714	142,8571
Cadmio	0,0409	0,0682	0,1136	0,1364	0,1591	0,1818	0,2045	0,2273
Cromo	0,2455	0,4091	0,6818	0,8182	0,9545	1,0909	1,2273	1,3636
Estroncio	1,4211	2,3684	3,9474	4,7368	5,5263	6,3158	7,1053	7,8947
Manganeso	2,0323	3,3871	5,6452	6,7742	7,9032	9,0323	10,1613	11,2903

**ANEXO 3.** Propuesta de límites máximos permisibles

Elemento	DR (mg/kg/día)	MRL (mg/kg/día)	Duración		TAD (mg/día)	ASC (mg/kg)
Arsénico	0,0003	0,0003	Crónico	1 año o más	0,021	0,909
Bario	0,2	0,2	Crónico	1 año o más	14,0	606,323
Cadmio	0,001	0,0001	Crónico	1 año o más	0,01	0,303
Cobalto		0,01	intermedio	15 a 364 días	0,7	30,316
Cobre		0,01	intermedio	15 a 364 días	0,7	30,316
Cromo	0,003	0,0009	Crónico	1 año o más	0,21	9,095
Estroncio	0,6	2	Crónico	1 año o más	42	1818,969
Manganeso	0,14	0,14			9,8	424,426
Vanadio		0,01	Intermedio	15 a 364 días	0,7	30,316
Zinc		0,3	Crónico	1 año o más	21,0	909,485

**ANEXO 4.** Tasa de consumo admisible mensual por elemento

Elemento	Niños		Mujeres			Hombres		
	18	30	50	60	70	80	90	100
Arsénico	0,12	0,201	0,336	0,402	0,471	0,537	0,603	0,672
Cadmio	1,227	2,046	3,408	4,092	4,773	5,454	6,135	6,819
Cromo	7,365	12,273	20,454	24,546	28,635	32,727	36,819	40,908
Estroncio	42,633	71,052	118,422	142,104	165,789	189,474	213,159	236,841
Manganeso	60,969	101,613	169,356	203,226	237,096	270,969	304,839	338,709
Bario	771,429	1285,713	2142,858	2571,429	3000	3428,571	3857,142	4285,713

**Anexo 5.** Factor de bioconcentración (BCF)

Elemento	Biota (mg/kg)	Agua (mg/L)	BCF
Bario	0,2	0,02	10
Cobalto	0,067	0,0002	335
Cromo	0,2	0,0003	666,7
Fósforo	1000	0,02	50000
Magnesio	367	1,8	203,9
Manganeso	1,3	0,01	130
Potasio	1300	0,9	1444,4
Sodio	2000	3,1	645,16
Vanadio	0,23	0,002	115
Azufre	2148,67	1,20	1790,56

## **Anexo 6.** Encuestas

Fecha: \_\_\_\_\_

Buen(a) día (tarde), soy estudiante de la carrera Gestión Ambiental y estoy realizando mi tesis con el título “Niveles de acumulación de metales pesados y contaminantes orgánicos en moluscos bivalvos del género *Anadara* y su vinculación con actividades económicas en la provincia de Esmeraldas como base para una propuesta de regulación de límites máximos permisibles para consumo humano”

## ENCUESTA

La finalidad de las siguientes preguntas es para conocer la frecuencia con la que se consumen “los ceviches de concha” y así poder proponer límites permisibles de consumo.

### 1 ¿Consumes ceviches de concha?

- a. Si
- b. No

(Si la respuesta es “No” no conteste el resto de numerales)

### 2. ¿Cuántos ceviches de concha consume mensualmente?

- a. 1
- b. 2
- c. 3
- d. Más de 3

### 3. Después de haber consumido el ceviche ¿Ha sentido algún malestar?

- a. No
- b. Si ¿Cuál? \_\_\_\_\_

### 4. Llene los casilleros según corresponda:

Localidad	Sexo		Edad		Peso(kg)	
	M	F	M	F	M	F
Lugareños						
Turistas						

Fecha: \_\_\_\_\_

Buen(a) día (tarde), soy estudiante de la carrera Gestión Ambiental y estoy realizando mi tesis con el título “Niveles de acumulación de metales pesados y contaminantes orgánicos en moluscos bivalvos del género *Anadara* y su vinculación con actividades económicas en la provincia de Esmeraldas como base para una propuesta de regulación de límites máximos permisibles para consumo humano”

## ENCUESTA

La finalidad de las siguientes preguntas es para conocer la frecuencia con la que se consumen “los ceviches de concha” y así poder proponer límites permisibles de consumo.

**1. ¿Qué ceviche tiene mayor demanda?**

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| <b>a.</b> Camarón | <b>d.</b> Ostión  |
| <b>b.</b> Concha  | <b>e.</b> Pescado |
| <b>c.</b> Mixto   | <b>f.</b> Calamar |

**2. Respecto al ceviche de conchas ¿Cuántos ejemplares agregan a un ceviche?**

**3. ¿Sabe de qué cantón procede el recurso?**

**4. ¿Qué público prefiere consumir ceviche de conchas?**

- a. Niños
- b. Mujeres
- c. Hombres

**5. ¿Cuántos ceviches venden:**

<b>Venta</b>	<b>Ventas altas</b>	<b>Ventas bajas</b>
<b>Lunes a jueves</b>		
<b>Viernes a domingos</b>		
<b>Feriados</b>		

**6. ¿Cómo realizan la compra del recurso?**

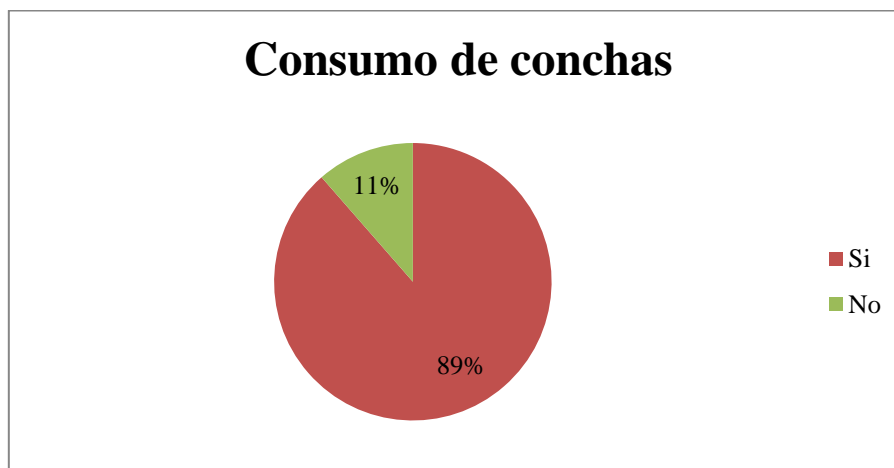
<b>Diariamente</b>	
<b>Semanalmente</b>	

## **Anexo 7.** Tabulación de Encuestas

## Encuesta a consumidores del recurso *Anadara sp.*

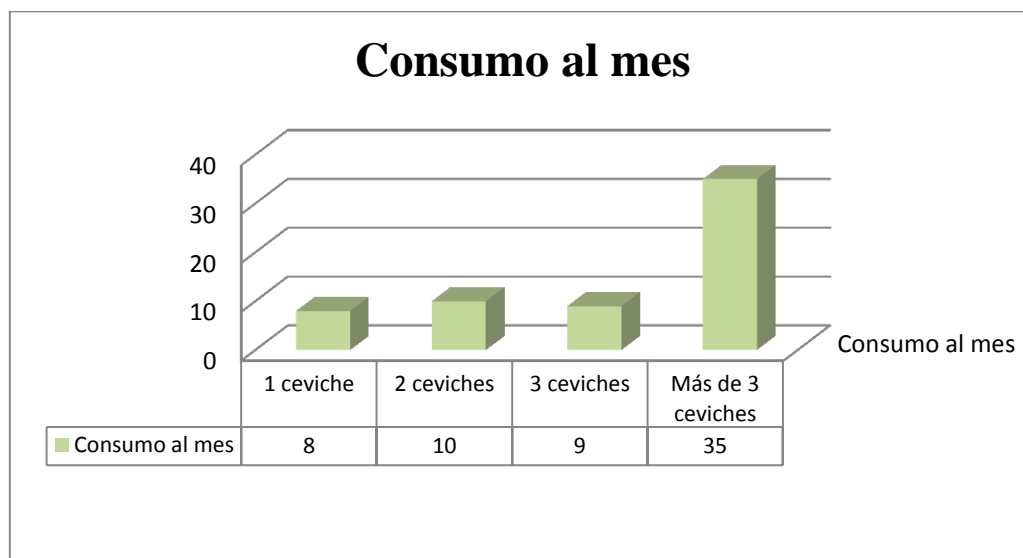
### 1 ¿Consumes ceviches de concha?

De las 70 personas encuestadas, 62 consumen ceviches de conchas siendo el 89% y 8 no consumen con el 11%.



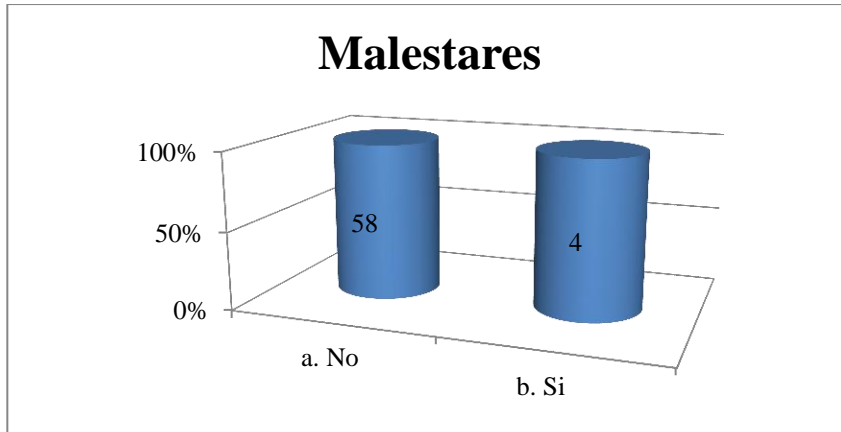
### 2. ¿Cuántos ceviches de concha consume mensualmente?

De las 62 personas que consumen ceviches:



### 3. Después de haber consumido el ceviche ¿Ha sentido algún malestar?

De las 62 personas 58 no han sentido malestares y 4 han sentido dolores estomacales



**4. Llene los casilleros según corresponda:**

Localidad		Sexo		Edad		Peso(kg)	
		M	F	M	F	M	F
Lugareños	20	12	8	37	30	71	65
Turistas	42	27	15	35	31	69	68

**Encuesta a los expendedores del recurso *Anadara sp.***

**1. ¿Qué ceviche tiene mayor demanda?**

El orden de preferencia es el siguiente:

- a. Camarón
- b. Mixto
- c. Concha
- d. Ostión
- e. Pescado
- f. Calamar

**2. Respecto al ceviche de conchas ¿Cuántos ejemplares agregan a un ceviche?**

De las 30 cevicherías encuestadas:

Cevicherías	# de conchas
4	17
6	15
7	12
8	9
Promedio	12

**3. ¿Sabe de qué cantón procede el recurso?**

Todos los locales concuerdan en que vienen de los cantones San Lorenzo y Muisne.

**4. ¿Qué público prefiere consumir ceviche de conchas?**

La preferencia del público es la siguiente:

- a. Hombres
- b. Mujeres
- c. Niños

**5. ¿Cuántos ceviches venden?:**

<b>Venta</b>	<b>Ventas altas</b>	<b>Ventas bajas</b>
<b>Lunes a jueves</b>	35	25
<b>Viernes a domingos</b>	40	20
<b>Feriados</b>	50	30

**6. ¿Cómo realizan la compra del recurso?**

Por lo general compran 100 conchas diariamente, pero realizan unas 4 compras en la semana, ya que hay días en los que no se venden las 100 conchas.

<b>Diariamente</b>	100
<b>Semanalmente</b>	400

## **Anexo 8. Resultados de Grüentec**

## REPORTE DE ANÁLISIS

**Cliente:** PUCESE  
Espejo y Subida a Santa Cruz s/n  
Telf:593-6-2726613 Ext. 111

**Atn:** Ing Eduardo Rebolledo

**Proyecto:** Análisis de conchas

**Muestra Recibida:** 21-May-13

**Tipo de Muestra:** 5 Muestras de Conchas

**Análisis Completado:** 03-Jun-13

**Número reporte Grüntec:** 1305133-S001-5

Rotulación Muestra:	NADADERO GRANDE	PALMA REAL	MUISNE	Método Adaptado de Referencia
Fecha de Muestreo:	n.d	n.d	n.d	
No. Reporte Grüntec:	1305133-S001	1305133-S002	1305133-S003	

<i>Pesticidas Organoclorados en peso húmedo:</i>				
Endrin aldehído mg/Kg *	<0.07	<0.07	<0.07	EPA 8270 D
g-BHC mg/Kg *	<0.1	<0.1	<0.1	EPA 8270 D
g-chlordane mg/Kg *	<0.06	<0.06	<0.06	EPA 8270 D
Heptachlor mg/Kg *	<0.05	<0.05	<0.05	EPA 8270 D
Heptachlor epoxide mg/Kg *	<0.04	<0.04	<0.04	EPA 8270 D
Methoxychlor mg/Kg *	<0.007	<0.007	<0.007	EPA 8270 D
Metolachlor mg/Kg *	<0.03	<0.03	<0.03	EPA 8270 D
Oxyfluorfen mg/Kg *	<0.04	<0.04	<0.04	EPA 8270 D
pp'-DDE mg/Kg *	<0.06	<0.06	<0.06	EPA 8270 D
pp'-DDT mg/Kg *	<0.04	<0.04	<0.04	EPA 8270 D
Quintozene mg/Kg *	<0.05	<0.05	<0.05	EPA 8270 D

<i>Pesticidas Organofosforados en peso húmedo:</i>				
Cadusafos mg/Kg *	<0.1	<0.1	<0.1	EPA 8270 D
Chlorpirifos mg/Kg *	<0.07	<0.07	<0.07	EPA 8270 D
Diazinon mg/Kg *	<0.06	<0.06	<0.06	EPA 8270 D
Diclorvos+Trichlorfon mg/Kg *	<0.09	<0.09	<0.09	EPA 8270 D
Dimethoate mg/Kg *	<0.2	<0.2	<0.2	EPA 8270 D
Disulfoton mg/Kg *	<0.06	<0.06	<0.06	EPA 8270 D
Enthoprofos mg/Kg *	<0.03	<0.03	<0.03	EPA 8270 D



**Ing. Isabel Estrella**

**Gerente de Operaciones**

Nota 1: Estos análisis, opciones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 2 de 12

**REPORTE DE ANÁLISIS**

**Cliente:** PUCESE  
 Espejo y Subida a Santa Cruz s/n  
 Telf:593-6-2726613 Ext. 111

**Atn:** Ing Eduardo Rebolledo

**Proyecto:** Análisis de conchas

**Muestra Recibida:** 21-May-13

**Tipo de Muestra:** 5 Muestras de Conchas

**Análisis Completado:** 03-Jun-13

**Número reporte Grüntec:** 1305133-S001-5

Rotulación Muestra:	NADADERO GRANDE	PALMA REAL	MUISNE	Método Adaptado de Referencia
Fecha de Muestreo:	n.d	n.d	n.d	
No. Reporte Grüntec:	1305133-S001	1305133-S002	1305133-S003	

<b>Carbamatos en peso húmedo:</b>				
Carbaryl mg/Kg *	<0.05	<0.05	<0.05	EPA 8270 D
Carbofuran mg/Kg *	<0.1	<0.1	<0.1	EPA 8270 D
Methiocarb mg/Kg *	<0.08	<0.08	<0.08	EPA 8270 D
Pirimicarb mg/Kg *	<0.05	<0.05	<0.05	EPA 8270 D
Propoxur mg/Kg *	<0.1	<0.1	<0.1	EPA 8270 D
Thiobencarb mg/Kg *	<0.06	<0.06	<0.06	EPA 8270 D

<b>Pesticidas Organoclorados en peso húmedo:</b>				
a-BHC mg/Kg *	<0.07	<0.07	<0.07	EPA 8270 D
Alachlor mg/Kg *	<0.04	<0.04	<0.04	EPA 8270 D
Aldrin mg/Kg *	<0.06	<0.06	<0.06	EPA 8270 D
b-BHC mg/Kg *	<0.06	<0.06	<0.06	EPA 8270 D
Chlorotalonil mg/Kg *	<0.04	<0.04	<0.04	EPA 8270 D
Chlrotal-dimetyl mg/Kg *	<0.04	<0.04	<0.04	EPA 8270 D
d-BHC mg/Kg *	<0.03	<0.03	<0.03	EPA 8270 D
Dieldrin mg/Kg *	<0.2	<0.2	<0.2	EPA 8270 D
Endosulfan I mg/Kg *	<0.05	<0.05	<0.05	EPA 8270 D
Endosulfan II mg/Kg *	<0.2	<0.2	<0.2	EPA 8270 D
Endosulfan sulfate mg/Kg *	<0.04	<0.04	<0.04	EPA 8270 D
Endrin mg/Kg *	<0.06	<0.06	<0.06	EPA 8270 D

  
**Ing. Isabel Estrella**

**Gerente de Operaciones**

Nota 1: Estos análisis, opciones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

## REPORTE DE ANÁLISIS

**Ciente:** PUCESE  
Espejo y Subida a Santa Cruz s/n  
Telf:593-6-2726613 Ext. 111

**Atn:** Ing Eduardo Rebolledo

**Proyecto:** Análisis de conchas

**Muestra Recibida:** 21-May-13

**Tipo de Muestra:** 5 Muestras de Conchas

**Análisis Completado:** 03-Jun-13

**Número reporte Grüntec:** 1305133-S001-5

Rotulación Muestra:	NADADERO GRANDE	PALMA REAL	MUISNE	Método Adaptado de Referencia
Fecha de Muestreo:	n.d	n.d	n.d	
No. Reporte Grüntec:	1305133-S001	1305133-S002	1305133-S003	

<i>Pesticidas Organofosforados en peso húmedo:</i>				
Fenclorpos mg/Kg *	<0.04	<0.04	<0.04	EPA 8270 D
Malathion mg/Kg *	<0.03	<0.03	<0.03	EPA 8270 D
Methyl parathion mg/Kg *	<0.1	<0.1	<0.1	EPA 8270 D
Mevinphos mg/Kg *	<0.05	<0.05	<0.05	EPA 8270 D
Parathion mg/Kg *	<0.04	<0.04	<0.04	EPA 8270 D
Phorate mg/Kg *	<0.05	<0.05	<0.05	EPA 8270 D
Terbufos mg/Kg *	<0.06	<0.06	<0.06	EPA 8270 D

<i>Pesticidas Organonitrogenados en peso húmedo:</i>				
Ametryn mg/Kg *	<0.05	<0.05	<0.05	EPA 8270 D
Atrazine mg/Kg *	<0.07	<0.07	<0.07	EPA 8270 D
Benalaxyl mg/Kg *	<0.07	<0.07	<0.07	EPA 8270 D
Diuron+Liuron mg/Kg *	<0.07	<0.07	<0.07	EPA 8270 D
Hexaconazole mg/Kg *	<0.06	<0.06	<0.06	EPA 8270 D
Metalaxyl mg/Kg *	<0.1	<0.1	<0.1	EPA 8270 D
Metribuzin mg/Kg *	<0.06	<0.06	<0.06	EPA 8270 D
Penconazole mg/Kg *	<0.08	<0.08	<0.08	EPA 8270 D
Pendametamil mg/Kg *	<0.06	<0.06	<0.06	EPA 8270 D
Simazine mg/Kg *	<0.09	<0.09	<0.09	EPA 8270 D
Terbutryn mg/Kg *	<0.04	<0.04	<0.04	EPA 8270 D

  
**Ing. Isabel Estrella**

**Gerente de Operaciones**

Nota 1: Estos análisis, opciones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 3 de 12

San Juan de Cumbayá- Eloy Alfaro S7-157 y Belisario Quevedo, P.O. Box 17-22-20064 Quito- Ecuador  
Telfs: 601-4371 / 603-9221/600-5273 - E-mail: info@gruentec.com - [www.gruentec.com](http://www.gruentec.com)

## REPORTE DE ANÁLISIS

**Cliente:** PUCESE  
Espejo y Subida a Santa Cruz s/n  
Telf:593-0-2726613 Ext. 111

**Atn:** Ing Eduardo Rebolledo

**Proyecto:** Análisis de conchas

**Muestra Recibida:** 21-May-13

**Tipo de Muestra:** 5 Muestras de Conchas

**Análisis Completado:** 03-Jun-13

**Número reporte Grüntec:** 1305133-S001-5

Rotulación Muestra:	NADADERO GRANDE	PALMA REAL	MUISNE	Método Adaptado de Referencia
Fecha de Muestreo:	n.d	n.d	n.d	
No. Reporte Grüntec:	1305133-S001	1305133-S002	1305133-S003	

<i>Pesticidas Organonitrogenados en peso húmedo:</i>				
Thiometon mg/Kg *	<0.06	<0.06	<0.06	EPA 8270 D
Triadimefon mg/Kg *	<0.09	<0.09	<0.09	EPA 8270 D
Triadimenol mg/Kg *	<0.04	<0.04	<0.04	EPA 8270 D
Trifluralin mg/Kg *	<0.04	<0.04	<0.04	EPA 8270 D

<i>Piretrinas en peso húmedo:</i>				
Cyfluthrin mg/Kg *	<0.06	<0.06	<0.06	EPA 8270 D
Cyhalotrin mg/Kg *	<0.03	<0.03	<0.03	EPA 8270 D
Cypermethrin mg/Kg *	<0.07	<0.07	<0.07	EPA 8270 D
Deltamethrin mg/Kg *	<0.04	<0.04	<0.04	EPA 8270 D
Fenvalerate mg/Kg *	<0.04	<0.04	<0.04	EPA 8270 D
Permethrin mg/Kg *	<0.08	<0.08	<0.08	EPA 8270 D

<i>Metales en peso seco:</i>				
Aluminio mg/kg *	<100	<100	<100	EPA 6020 A
Antimonio mg/kg *	<0.2	<0.2	<0.2	EPA 6020 A
Arsénico mg/kg *	1.1	2.1	1.1	EPA 6020 A
Azufre mg/kg *	2052	2776	2474	EPA 6020 A
Bario mg/kg *	0.2	0.2	<0.1	EPA 6020 A
Boro mg/kg *	<20	<20	<20	EPA 6020 A
Cadmio mg/kg *	0.4	0.2	0.4	EPA 6020 A



Ing. Isabel Estrella

**Gerente de Operaciones**

Nota 1: Estos análisis, opciones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 4 de 12

## REPORTE DE ANÁLISIS

**Cliente:** PUCESE

Espejo y Subida a Santa Cruz s/n  
Telf: 593-0-2726613 Ext. 111

**Atn:** Ing Eduardo Rebolledo

**Proyecto:** Análisis de conchas

**Muestra Recibida:** 21-May-13

**Tipo de Muestra:** 5 Muestras de Conchas

**Análisis Completado:** 03-Jun-13

**Número reporte Grüntec:** 1305133-S001-5

Rotulación Muestra:	NADADERO GRANDE	PALMA REAL	MUISNE	Método Adaptado de Referencia
Fecha de Muestreo:	n.d	n.d	n.d	
No. Reporte Grüntec:	1305133-S001	1305133-S002	1305133-S003	

<i>Metales en peso seco:</i>				
Cobalto mg/kg *	0.1	<0.1	<0.1	EPA 6020 A
Cobre mg/kg *	0.9	1.4	1.0	EPA 6020 A
Cromo mg/kg *	<0.2	0.3	0.2	EPA 6020 A
Estroncio mg/kg *	16	4.3	5.7	EPA 6020 A
Fósforo % *	0.1	0.1	0.1	EPA 6020 A
Hierro % *	<0.05	<0.05	<0.05	EPA 6020 A
Magnesio % *	0.03	0.04	0.04	EPA 6020 A
Manganeso mg/kg *	1.1	1.1	1.6	EPA 6020 A
Mercurio mg/kg *	<0.1	<0.1	<0.1	EPA 6020 A
Níquel mg/kg *	<0.3	<0.3	<0.3	EPA 6020 A
Plomo mg/kg *	<0.1	<0.1	<0.1	EPA 6020 A
Potasio % *	0.1	0.2	0.1	EPA 6020 A
Selenio mg/kg *	<1	<1	<1	EPA 6020 A
Sodio % *	0.2	0.2	0.3	EPA 6020 A
Talio mg/kg *	<0.1	<0.1	<0.1	EPA 6020 A



Ing. Isabel Estrella

**Gerente de Operaciones**

Nota 1: Estos análisis, opciones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

## REPORTE DE ANÁLISIS

**Cliente:** PUCESE

Espejo y Subida a Santa Cruz s/n  
Telf: 593-6-2726613 Ext. 111

**Atn:** Ing Eduardo Rebolledo

**Proyecto:** Análisis de conchas

**Muestra Recibida:** 21-May-13

**Tipo de Muestra:** 5 Muestras de Conchas

**Análisis Completado:** 03-Jun-13

**Número reporte Grüntec:** 1305133-S001-5

Rotulación Muestra:	NADADERO GRANDE	PALMA REAL	MUISNE	Método Adaptado de Referencia
Fecha de Muestreo:	n.d	n.d	n.d	
No. Reporte Grüntec:	1305133-S001	1305133-S002	1305133-S003	
<b>Metales en peso seco:</b>				
Uranio mg/kg *	<0.1	<0.1	<0.1	EPA 6020 A
Vanadio mg/kg *	<0.1	0.5	<0.1	EPA 6020 A
Zinc mg/kg *	7.8	18	8.7	EPA 6020 A

**Registros y Acreditaciones:**

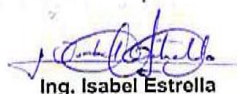
<sup>(1)</sup> Acreditación No. OAE LE 2C 05-008

<sup>(2)</sup> Acreditación CALA No. A3154

<sup>(3)</sup> Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

Los ensayos marcados con (\*) no están dentro del alcance de acreditación del OAE

n.d - No Determinado



Ing. Isabel Estrella

Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opciones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

## REPORTE DE ANÁLISIS

**Cliente:** PUCESE

Espejo y Subida a Santa Cruz s/n  
Telf:593-6-2726613 Ext. 111

**Atn:** Ing Eduardo Rebolledo

**Proyecto:** Análisis de conchas

**Muestra Recibida:** 21-May-13

**Tipo de Muestra:** 5 Muestras de Conchas

**Análisis Completado:** 03-Jun-13

**Número reporte Grüntec:** 1305133-S001-5

Rotulación Muestra:	SAN ANTONIO	PORTETE	Método Adaptado de Referencia
Fecha de Muestreo:	n.d	n.d	
No. Reporte Grüntec:	1305133-S004	1305133-S005	

<b>Carbamatos en peso húmedo:</b>			
Carbaryl mg/Kg *	<0.05	<0.05	EPA 8270 D
Carbofuran mg/Kg *	<0.1	<0.1	EPA 8270 D
Methiocarb mg/Kg *	<0.08	<0.08	EPA 8270 D
Pirimicarb mg/Kg *	<0.05	<0.05	EPA 8270 D
Propoxur mg/Kg *	<0.1	<0.1	EPA 8270 D
Thiobencarb mg/Kg *	<0.06	<0.06	EPA 8270 D

<b>Pesticidas Organoclorados en peso húmedo:</b>			
a-BHC mg/Kg *	<0.07	<0.07	EPA 8270 D
Alachlor mg/Kg *	<0.04	<0.04	EPA 8270 D
Aldrin mg/Kg *	<0.06	<0.06	EPA 8270 D
b-BHC mg/Kg *	<0.06	<0.06	EPA 8270 D
Chlorotalonil mg/Kg *	<0.04	<0.04	EPA 8270 D
Chlrotal-dimetyl mg/Kg *	<0.04	<0.04	EPA 8270 D
d-BHC mg/Kg *	<0.03	<0.03	EPA 8270 D
Dieldrin mg/Kg *	<0.2	<0.2	EPA 8270 D
Endosulfan I mg/Kg *	<0.05	<0.05	EPA 8270 D
Endosulfan II mg/Kg *	<0.2	<0.2	EPA 8270 D
Endosulfan sulfate mg/Kg *	<0.04	<0.04	EPA 8270 D
Endrin mg/Kg *	<0.06	<0.06	EPA 8270 D



**Ing. Isabel Estrella**

**Gerente de Operaciones**

Nota 1: Estos análisis, opciones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 7 de 12

San Juan de Cumbayá- Eloy Alfaro S7-157 y Belisario Quevedo, P.O. Box 17-22-20064 Quito- Ecuador  
Telfs: 601-4371 / 603-9221 / 600-5273 - E-mail: info@gruentec.com - [www.gruentec.com](http://www.gruentec.com)

## REPORTE DE ANÁLISIS

**Cliente:** PUCESE

Espejo y Subida a Santa Cruz s/n  
Telf:593-6-2726613 Ext. 111

**Atn:** Ing Eduardo Rebolledo

**Proyecto:** Análisis de conchas

**Muestra Recibida:** 21-May-13

**Tipo de Muestra:** 5 Muestras de Conchas

**Análisis Completado:** 03-Jun-13

**Número reporte Grüntec:** 1305133-S001-5

Rotulación Muestra:	SAN ANTONIO	PORTETE	Método Adaptado de Referencia
Fecha de Muestreo:	n.d	n.d	
No. Reporte Grüntec:	1305133-S004	1305133-S005	

<i>Pesticidas Organoclorados en peso húmedo:</i>			
Endrin aldehído mg/Kg *	<0.07	<0.07	EPA 8270 D
g-BHC mg/Kg *	<0.1	<0.1	EPA 8270 D
g-chlordane mg/Kg *	<0.06	<0.06	EPA 8270 D
Heptachlor mg/Kg *	<0.05	<0.05	EPA 8270 D
Heptachlor epóxido mg/Kg *	<0.04	<0.04	EPA 8270 D
Methoxychlor mg/Kg *	<0.007	<0.007	EPA 8270 D
Metolachlor mg/Kg *	<0.03	<0.03	EPA 8270 D
Oxyfluorfen mg/Kg *	<0.04	<0.04	EPA 8270 D
pp'-DDE mg/Kg *	<0.06	<0.06	EPA 8270 D
pp'-DDT mg/Kg *	<0.04	<0.04	EPA 8270 D
Quintozene mg/Kg *	<0.05	<0.05	EPA 8270 D

<i>Pesticidas Organofosforados en peso húmedo:</i>			
Cadusafos mg/Kg *	<0.1	<0.1	EPA 8270 D
Chlorpirifos mg/Kg *	<0.07	<0.07	EPA 8270 D
Diazinon mg/Kg *	<0.06	<0.06	EPA 8270 D
Diclorvos+Trichlorfon mg/Kg *	<0.09	<0.09	EPA 8270 D
Dimethoate mg/Kg *	<0.2	<0.2	EPA 8270 D
Disulfoton mg/Kg *	<0.06	<0.06	EPA 8270 D
Enthoprofos mg/Kg *	<0.03	<0.03	EPA 8270 D



**Ing. Isabel Estrella**

**Gerente de Operaciones**

Nota 1: Estos análisis, opciones y/o interpretaciones están basados en el material o información provistos por el cliente para quien ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 8 de 12

### REPORTE DE ANÁLISIS

**Cliente:** PUCESE

Espajo y Subida a Santa Cruz s/n  
Telf:593-6-2726613 Ext. 111

**Atn:** Ing Eduardo Rebolledo

**Proyecto:** Análisis de conchas

**Muestra Recibida:** 21-May-13

**Tipo de Muestra:** 5 Muestras de Conchas

**Análisis Completado:** 03-Jun-13

**Número reporte Grüntec:** 1305133-S001-5

Rotulación Muestra:	SAN ANTONIO	PORTETE	Método Adaptado de Referencia
Fecha de Muestreo:	n.d	n.d	
No. Reporte Grüntec:	1305133-S004	1305133-S005	

<i>Pesticidas Organofosforados en peso húmedo:</i>			
Fenclorophos mg/Kg *	<0.04	<0.04	EPA 8270 D
Malathion mg/Kg *	<0.03	<0.03	EPA 8270 D
Methyl parathion mg/Kg *	<0.1	<0.1	EPA 8270 D
Mevinphos mg/Kg *	<0.05	<0.05	EPA 8270 D
Parathion mg/Kg *	<0.04	<0.04	EPA 8270 D
Phorate mg/Kg *	<0.05	<0.05	EPA 8270 D
Terbufos mg/Kg *	<0.06	<0.06	EPA 8270 D

<i>Pesticidas Organonitrogenados en peso húmedo:</i>			
Ametryn mg/Kg *	<0.05	<0.05	EPA 8270 D
Atrazine mg/Kg *	<0.07	<0.07	EPA 8270 D
Benalaxyl mg/Kg *	<0.07	<0.07	EPA 8270 D
Diuron+Liuron mg/Kg *	<0.07	<0.07	EPA 8270 D
Hexaconazole mg/Kg *	<0.06	<0.06	EPA 8270 D
Metalaxyl mg/Kg *	<0.1	<0.1	EPA 8270 D
Metribuzin mg/Kg *	<0.06	<0.06	EPA 8270 D
Penconazole mg/Kg *	<0.08	<0.08	EPA 8270 D
Pendametanol mg/Kg *	<0.06	<0.06	EPA 8270 D
Simazine mg/Kg *	<0.09	<0.09	EPA 8270 D
Terbutryn mg/Kg *	<0.04	<0.04	EPA 8270 D



Ing. Isabel Estrella

**Gerente de Operaciones**

Nota 1: Estos análisis, opciones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 9 de 12

San Juan de Cumbayá- Eloy Alfaro S7-157 y Belisario Quevedo. P.O. Box 17-22-20064 Quito- Ecuador  
Telfs: 601-4371 / 603-9221 / 600-5273 - E-mail: info@gruentec.com - [www.gruentec.com](http://www.gruentec.com)

## REPORTE DE ANÁLISIS

**Cliente:** PUCESE

Espejo y Subida a Santa Cruz s/n  
Telf: 593-6-2728613 Ext. 111

**Atn:** Ing Eduardo Rebolledo

**Proyecto:** Análisis de conchas

**Muestra Recibida:** 21-May-13

**Tipo de Muestra:** 5 Muestras de Conchas

**Análisis Completado:** 03-Jun-13

**Número reporte Grüntec:** 1305133-S001-5

Rotulación Muestra:	SAN ANTONIO	PORTETE	Método Adaptado de Referencia
Fecha de Muestreo:	n.d	n.d	
No. Reporte Grüntec:	1305133-S004	1305133-S005	

<b>Pesticidas Organonitrogenados en peso húmedo:</b>			
Thiometon mg/Kg *	<0.06	<0.06	EPA 8270 D
Triadimefon mg/Kg *	<0.09	<0.09	EPA 8270 D
Triadimenol mg/Kg *	<0.04	<0.04	EPA 8270 D
Trifluralin mg/Kg *	<0.04	<0.04	EPA 8270 D

<b>Piretrinas en peso húmedo:</b>			
Cyfluthrin mg/Kg *	<0.06	<0.06	EPA 8270 D
Cyhalotrin mg/Kg *	<0.03	<0.03	EPA 8270 D
Cypermethrin mg/Kg *	<0.07	<0.07	EPA 8270 D
Deltamethrin mg/Kg *	<0.04	<0.04	EPA 8270 D
Fenvalerate mg/Kg *	<0.04	<0.04	EPA 8270 D
Permethrin mg/Kg *	<0.08	<0.08	EPA 8270 D

<b>Metales en peso seco:</b>			
Aluminio mg/kg *	<100	<100	EPA 6020 A
Antimonio mg/kg *	<0.2	<0.2	EPA 6020 A
Arsénico mg/kg *	0.5	1.9	EPA 6020 A
Azufre mg/kg *	1618	2109	EPA 6020 A
Bario mg/kg *	0.2	0.1	EPA 6020 A
Boro mg/kg *	<20	<20	EPA 6020 A
Cadmio mg/kg *	0.4	0.8	EPA 6020 A



**Ing. Isabel Estrella**

**Gerente de Operaciones**

Nota 1: Estos análisis, opciones y/o interpretaciones están basados en el material o información provistos por el cliente para quien ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 10 de 12

## REPORTE DE ANÁLISIS

**Cliente:** PUCESE  
Espejo y Subida a Santa Cruz s/n  
Telf:593-6-2726613 Ext. 111

**Atn:** Ing Eduardo Rebolledo

**Proyecto:** Análisis de conchas

**Muestra Recibida:** 21-May-13

**Tipo de Muestra:** 5 Muestras de Conchas

**Análisis Completado:** 03-Jun-13

**Número reporte Grüntec:** 1305133-S001-5

Rotulación Muestra:	SAN ANTONIO	PORTETE	Método Adaptado de Referencia
Fecha de Muestreo:	n.d	n.d	
No. Reporte Grüntec:	1305133-S004	1305133-S005	

<i>Metales en peso seco:</i>			
Cobalto mg/kg *	0.1	<0.1	EPA 6020 A
Cobre mg/kg *	1.1	1.4	EPA 6020 A
Cromo mg/kg *	0.3	0.3	EPA 6020 A
Estroncio mg/kg *	5.5	6.5	EPA 6020 A
Fósforo % *	0.1	0.05	EPA 6020 A
Hierro % *	<0.05	<0.05	EPA 6020 A
Magnesio % *	0.04	0.1	EPA 6020 A
Manganeso mg/kg *	1.8	0.6	EPA 6020 A
Mercurio mg/kg *	<0.1	<0.1	EPA 6020 A
Níquel mg/kg *	<0.3	<0.3	EPA 6020 A
Plomo mg/kg *	<0.1	<0.1	EPA 6020 A
Potasio % *	0.1	0.1	EPA 6020 A
Selenio mg/kg *	<1	<1	EPA 6020 A
Sodio % *	0.2	0.5	EPA 6020 A
Talio mg/kg *	<0.1	<0.1	EPA 6020 A



**Ing. Isabel Estrella**

**Gerente de Operaciones**

Nota 1: Estos análisis, opciones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

**REPORTE DE ANÁLISIS**

**Cliente:** PUCESE  
Espejo y Subida a Santa Cruz s/n  
Telf:593-6-2726613 Ext. 111

**Atn:** Ing Eduardo Rebolledo

**Proyecto:** Análisis de conchas

**Muestra Recibida:** 21-May-13

**Tipo de Muestra:** 5 Muestras de Conchas

**Análisis Completado:** 03-Jun-13

**Número reporte Grüntec:** 1305133-S001-5

<b>Rotulación Muestra:</b>	<b>SAN ANTONIO</b>	<b>PORTETE</b>	<b>Método Adaptado de Referencia</b>
<b>Fecha de Muestreo:</b>	n.d	n.d	
<b>No. Reporte Grüntec:</b>	<b>1305133-S004</b>	<b>1305133-S005</b>	

<b>Metales en peso seco:</b>			
Uranio mg/kg *	<0.1	<0.1	EPA 6020 A
Vanadio mg/kg *	0.2	<0.1	EPA 6020 A
Zinc mg/kg *	11	6.3	EPA 6020 A

**Registros y Acreditaciones:**

<sup>(1)</sup> Acreditación No. OAE LE 2C 05-008

<sup>(2)</sup> Acreditación CALA No. A3154

<sup>(3)</sup> Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

Los ensayos marcados con (\*) no están dentro del alcance de acreditación del OAE

n.d - No Determinado

  
Ing. Isabel Estrella

**Gerente de Operaciones**

Nota 1: Estos análisis, opciones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 12 de 12

## **Anexo 9.** Registro fotográfico



