



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE SUCRE  
ESCUELA DE CIENCIAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

VARIACIÓN TEMPORAL DE METALES PESADOS (Ni, Cd, Pb, Cu y Zn) EN  
*Anadara notabilis* DE LA LOCALIDAD DE GUAYACÁN, PENÍNSULA DE  
ARAYA, ESTADO SUCRE, VENEZUELA  
(Modalidad: Investigación)

MERYS CAROLINA CABRERA RENGEL

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADO EN BIOLOGÍA

CUMANÁ, 2010

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTOS .....	ii
LISTA DE TABLAS .....	iv
LISTA DE FIGURAS .....	v
RESUMEN .....	vi
INTRODUCCIÓN .....	1
METODOLOGÍA .....	6
Área de Estudio .....	6
Determinación de los parámetros .....	7
Temperatura, oxígeno disuelto, pH y salinidad .....	7
Biomasa fitoplanctónica .....	7
Nitrito .....	8
Amonio .....	8
Determinación de metales pesados .....	9
Captura de organismos .....	9
Tratamiento de muestras .....	9
Análisis de metales .....	9
Análisis estadísticos .....	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	11
Parámetros .....	11
Metales .....	13
Cobre y Zinc .....	13
Cadmio .....	16
Plomo y Níquel .....	19
CONCLUSIONES .....	26

RECOMENDACIONES.....	27
BIBLIOGRAFÍA .....	28
APÉNDICE.....	33
HOJA DE METADATOS .....	34

## DEDICATORIA

A Dios todo poderoso, por darme la fortaleza de seguir adelante y cumplir con este objetivo.

A mi madre, Carmen, quien me ha dado todo su amor, quien me ha impulsado con su ejemplo y dedicación dándome siempre su apoyo incondicional.

A Vida, por estar siempre a mi lado apoyándome, compartiendo conmigo cada momento difícil, por enseñarme que no hay límites, que lo que me propongo lo puedo lograr y que solo depende de mí.

A mi hijo Diego Alonso, mi pedacito de cielo, porque mis logros serán los de él.

*“El camino para conseguir la paz interior reside en finalizar las cosas que has empezado”*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi asesora académica, la Dr. Mairín Lemus, por su dedicación y apoyo a este trabajo de investigación y sobre todo por su amistad y comprensión.

Al Lic. Aulo Aponte, un amigo incondicional, un ejemplo a seguir de constancia y trabajo. Gracias por tu apoyo.

A los Tco. Ángel Antón y Edymir Parra, porque sin su ayuda y colaboración la realización de este trabajo no hubiese sido posible.

Al centro de Investigaciones Ecológicas de Guayacán (CIEG) y a todo el personal que labora en el, por su servicios y colaboración.

Al Departamento de Biología y a cada uno de los profesores que nos abrieron camino a lo largo de nuestra carrera, en especial al Profesor Julio Armas, quien con sus palabras de apoyo en el momento preciso se convirtió en uno de los seres y amigos más valiosos.

A mi amiga y hermana, Lena Karina, no existirán palabras para hacerle entender lo agradecida que estoy con ella en todos los sentidos. Gracias por tu lealtad y tu amistad incondicional. Te quiero muchísimo.

A mis hermanas, mujeres especiales en mi vida, quienes han creído en mis capacidades apoyándome en todo momento. Las amo!

A la Flia Estrada por confiar en mí y brindarme su apoyo incondicional.

A mi amiga K'roche. Gracias mana por ayudarme en todo y por soportarme tanto tiempo. Te amo!

A mis amigos Ángel, James, Marly, Zulay Marisela, Zhory, por estar a mi lado y ser parte de mi vida.

*A todos muchas gracias!*

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Longitud de onda, slit, sensibilidad y límites de detección para los metales analizados por espectrofotometría de absorción atómica.....	10
Tabla 2. Promedio de parámetros físico-químicos del agua de mar de la localidad de Guayacán, estado Sucre, Venezuela durante los meses de noviembre 2006, mayo y agosto 2007, febrero 2008.....	11
Tabla 3. Niveles de Cu, Zn, Cd, Pb y Ni ( $\mu\text{g/g}$ de peso seco) obtenidos en <i>Anadara notabilis</i> en la localidad de Guayacán, Península de Araya, estado Sucre, Venezuela y los límites permisibles establecidos por la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) y Food and drug Administration (FDA) .....	22

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del área de muestreo de la pepitota roja <i>A. notabilis</i> en la localidad de Guayacán, estado Sucre, Venezuela. ....	6
Figura 2. Concentración temporal de Cu ( $\mu\text{g/g}$ masa seca) en <i>Anadara notabilis</i> ( $K_w=2,44$ Ns; $p > 0,05$ ), de la localidad de Guayacán, Península de Araya - estado Sucre.....	13
Figura 3. Concentración temporal de Zn ( $\mu\text{g/g}$ masa seca) en <i>Anadara notabilis</i> ( $K_w= 13,99^{**}$ ; $p < 0,001$ ), de la localidad de Guayacán, Península de Araya - estado Sucre.....	14
Figura 4. Concentración temporal de Cd ( $\mu\text{g/g}$ masa seca) en <i>Anadara notabilis</i> ( $K_w=26,72^{***}$ ; $p < 0,001$ ), de la localidad de Guayacán, Península de Araya - estado Sucre.....	17
Figura 5. Concentración temporal de Pb ( $\mu\text{g/g}$ masa seca) en <i>Anadara notabilis</i> ( $K_w= 20,21^{***}$ ; $p < 0,001$ ), de la localidad de Guayacán, Península de Araya - estado Sucre.....	19
Figura 6. Concentración temporal de Ni ( $\mu\text{g/g}$ masa seca) en <i>Anadara notabilis</i> ( $K_w= 21,77^{***}$ ; $p < 0,001$ ), de la localidad de Guayacán, Península de Araya - estado Sucre. ....	20

## RESUMEN

Con el objetivo de evaluar las variaciones temporales de los niveles de Cu, Zn, Cd, Pb y Ni en *Anadara notabilis* y la influencia de los parámetros físico-químicos en la acumulación de estos metales, se realizaron muestreos durante los meses de noviembre 2006, mayo y agosto 2007 y febrero 2008 en la localidad de Guayacán, Península de Araya, estado Sucre. Los metales se analizaron a través de espectrofotometría de absorción atómica utilizando material de referencia certificado. La temperatura, oxígeno disuelto, pH y salinidad del agua fueron analizados a través de la utilización de equipos de campo; la evaluación de nitrito, amonio y clorofila a fue realizada a través de espectrofotometría visible. Los niveles de Cu no mostraron diferencias estadísticas significativas durante los meses de análisis (KW=2,44 NS;  $p > 0,05$ ), sin embargo, los niveles de Zn (Kw=13,99\*\*;  $p < 0,01$ ), Cd (Kw=26,72\*\*\*;  $p < 0,001$ ), Pb (Kw=20,21\*\*\*;  $p < 0,001$ ) y Ni (Kw=21,77\*\*\*;  $p < 0,001$ ) presentaron diferencias altamente significativas durante los periodos muestreados. Las mayores concentraciones de Zn y Cd fueron observadas durante los meses de nov-06, mayo-07 y febrero-08 ambos con un patrón de variación temporal similar, siendo el mes de agos-07 donde se observó los bajos niveles de estos elementos, el cual se corresponde a un periodo de calma caracterizado por una baja productividad. Las mayores concentraciones de Pb y Ni se evidenciaron durante nov-06, may y agos-07 a diferencia del mes de feb-08 donde se observaron bajos niveles de estos elementos ( $0,36 \pm 0,55$  y  $0,26 \pm 0,19$   $\mu\text{g/g}$  de masa seca respectivamente). Este último se corresponde a un periodo de afloramiento característico en nuestras costas con una disminución en la temperatura, en el pH, oxígeno disuelto y un aumento en los niveles de clorofila a. Estas variaciones pudieran estar relacionadas directamente a los cambios de los factores ambientales ocurridas durante el tiempo de muestreo, factores que de alguna manera afectan la biodisponibilidad de estos elementos metálicos y por ende en su captación. En el caso particular del Cu, debido a la reducida variabilidad temporal observada en los tejidos blandos de *A. notabilis* alejan las opciones de considerarlo como biosensor de contaminación por cobre en nuestras costas. Cabe destacar, que los metales analizados en el tejido de *A. notabilis* se acumularon en el siguiente orden: Cd>Zn>Cu>Pb>Ni, siendo el cadmio el elemento que superó los límites permisibles para el consumo humano ( $28,73 \pm 2,33$   $\mu\text{g/g}$  de peso seco), según lo establecido por la FDA y COVENIN, lo que indica un alto grado de biodisponibilidad de este metal y la posible existencia de una fuente de contaminación en esta zona.

Palabras clave: Contaminación, metales pesados, *Anadara notabilis*.

## INTRODUCCIÓN

El medio acuático es uno de los más expuestos a los contaminantes, debido a que las descargas, sean por vía terrestre, acuática, acuático-terrestre o atmosférica, tienen como destino final este tipo de ambiente, especialmente el marino (Coll *et al.*, 2004; García *et al.*, 2004; González *et al.*, 2004; Spongberg, 2004; Rojas *et al.*, 2005), viéndose afectados directa o indirectamente los organismos que en él habitan. Estos ecosistemas cada vez se hacen más frágiles a la intervención del hombre, generalmente por el represamiento de los ríos, el cierre entre las comunicaciones entre lagos y mares, y por los vertidos de los desechos municipales e industriales de las distintas comunidades, los cuales contienen diversas sustancias tóxicas, entre las que destacan los metales pesados, tales como mercurio, cadmio, plomo y cobre (Villanueva y Botello, 1992).

Los metales pesados representan a un grupo de elementos con características químicas semejantes como un mismo estado de oxidación, igual distribución electromagnética de las capas y pesos atómicos comprendidos entre 63,55 a 200,59 g mol<sup>-1</sup>. Estos elementos son constituyentes naturales del agua de mar y se encuentran a bajas concentraciones, por lo que son conocidos como oligoelementos o elementos trazas (Ahumada, 1994); en tal sentido estos niveles de metales pesados pueden ser alterados fundamentalmente por fuente antrópica, los cuales dejan de ser elementos trazas transformándose en elementos peligrosos para la biota marina dado que el aumento de los procesos biogeoquímicos y biológicos afectan proporcionalmente el flujo de estos materiales a la columna de agua y a la cadena alimentaria (Saquid, 1992; Acosta *et al.*, 2002).

El peligro potencial que representen los metales pesados, tanto esenciales (Fe, Zn, Mg y Cu) como los no esenciales (Pb, Cr, Ni y Cd), para los organismos marinos

es conocido, e incluso, la contaminación por metales se asocia al riesgo de la salud humana debido a que los organismos tienen la capacidad de bioacumular metales y transferirlos a través de la cadena trófica, produciendo un efecto de biomagnificación en los niveles más elevados de ella. De esta forma se establece el riesgo al ser incorporados en la dieta del hombre (Ahumada, 1994).

La estimación de las concentraciones naturales y de los aportes antropogénicos de los metales pesados permite evaluar de algún modo el nivel en que se encuentra afectada una zona. Para este propósito es indispensable analizar tanto la columna de agua como los sedimentos, y muy especialmente los organismos del medio, particularmente aquellos bentónicos y filtradores. Estos últimos han sido extensamente empleados como biomonitores de contaminación (Rosas *et al.*, 1983; Páez *et al.*, 1986; Vázquez *et al.*, 1990). Tal propiedad se debe a su capacidad de bioacumulación, es decir, la disposición de los organismos de acumular selectivamente contaminantes en sus tejidos respecto a las concentraciones existentes en el medio en el que habitan (Riisgard *et al.*, 1985). Es por ello, que se ha considerado el potencial de los organismos marinos, especialmente algas e invertebrados, ya que permiten integrar espacial y temporalmente variaciones ambientales de estos metales (Sharp *et al.*, 1988; Díaz *et al.*, 2001).

La captación o bioacumulación de los metales, junto a los posibles efectos de toxicidad, no solo dependerá de su concentración en el medio, sino del tiempo de exposición y una serie de variables que juegan un rol significativo en el proceso de acumulación de los elementos trazas en un individuo, sobre todo en aquellos relacionados en procesos de biomonitorización. Dentro del tipo de variables tenemos aquellas de naturaleza biológica: talla, sexo, posición del organismo en la cadena trófica, relaciones genéticas entre poblaciones, entre otras, y ambientales: temperatura, calidad de agua, calidad y cantidad del alimento, periodo de muestreo y otros (Castañé *et al.*, 2003). Según Rainbow *et al.* (1993), en los poliquetos, la tasa

de captación del cobre se duplica al aumentar la temperatura en 10°C y lo mismo sucede en el camarón *Lysmata seticaudata*. Se ha demostrado también que la salinidad modifica la captación de los metales pesados, en *Nereis diversicolor*, la captación del cobre y del zinc es estimulada en medios diluidos. Asimismo, se ha observado que en *Carcinus maenas*, *Mytilus edulis* y *Littorina litorea*, la captación y bioacumulación del cadmio es mayor en bajas salinidades (Bjerregaard y Depledge, 1994). Además, cabe destacar, que no todos los metales son afectados de la misma forma por los factores bióticos y abióticos antes mencionados, pues muchos de ellos, particularmente los esenciales, pueden ser controlados homeostáticamente por los organismos, mientras que los no esenciales al no ser regulados, lográndose acumular más efectivamente en los tejidos de los organismos, afectando a tal grado su variabilidad (Gutiérrez-Galindo y Muñoz-Barbosa, 2001).

Por otro lado, la tolerancia de los organismos marinos a la toxicidad de los metales pesados está determinada tanto por la intensidad de captación de estos contaminantes, como por la vía de absorción. Se conoce que los organismos pueden captar los metales pesados por dos vías: directamente del agua como sustancias disueltas y a través del tubo digestivo con el alimento absorbido (Botello *et al.*, 2005), la cual está íntimamente relacionada con la tasa de excreción y de desintoxicación de metales. En este concepto de toxicidad, está implícita la muerte del organismo o las alteraciones en su integridad biológica. Los metales pueden modificar las funciones fisiológicas normales del organismo, reduciendo su capacidad de sobrevivencia en el medio natural. Además, es necesario tener en cuenta que la influencia de los metales pesados, varía dependiendo del metal y la forma en que esté disponible (Vernberg *et al.*, 1974).

En los programas de supervisión ambiental se han recomendado algunos organismos marinos para su uso como monitores de contaminación acuática (Hight, 1987; Hight y Corcoran, 1987). Entre este grupo de organismos, se ha establecido que

los moluscos bivalvos juegan un rol esencial en los estudios relacionados con la evaluación de la calidad del ambiente, por lo que se consideran excelentes sensores de acuerdo a una serie de características indispensables para este tipo de estudio, dentro de los cuales se señala que deben ser organismos sésiles y representantes del área, fáciles de identificar y de muestrear durante todo el periodo de estudio, con abundante tejido para el análisis del contaminante de interés además de concentrar y tolerar altos niveles del mismo (Frías *et al.*, 1998).

La importancia de los moluscos bivalvos ha traspasado el valor escénico que tenía en tiempos pasados; su importancia vital de formar parte de la trama trófica de los ecosistemas, su uso como recurso alimenticio y como indicadores de contaminación y de estrés en ecosistemas costeros además de su amplia diversidad, son los aspectos que más resaltan la importancia económica y ecológica de este grupo de individuos (Tineo, 2002). Dentro de los bivalvos, la familia Arcidae constituye un grupo de importancia comercial. Las especies pertenecientes a esta familia se distribuyen desde la costa del Golfo de México y sur de Florida hasta el norte de Brasil, pero es en Venezuela donde forman bancos de gran importancia (Prieto y Saint, 1998). Un representante de esta familia es la pepitona roja *Anadara notabilis*, caracterizada por encontrarse en los ecosistemas de fondos arenosos someros ocupando el segundo rango de importancia entre los moluscos que habitan praderas de *Thalassia testudinum* (Jiménez *et al.*, 2004).

En Venezuela se ha investigado datos sobre morfometría y dispersión espacial (Prieto, 1980), aspectos ecológicos (Manrique, 1982) y maduración sexual de dicha especie (Giles, 1984), sin embargo, no se ha hecho evidente ningún tipo de información relacionada al análisis de metales pesados bioacumulados en el tejido de este organismo. *A. notabilis* ha sido considerada como la especie de interés en el monitoreo de metales pesados en la localidad de Guayacán, Península de Araya, estado Sucre. Esta zona podría estar influenciada por descargas domésticas, afectada

a su vez por aguas de escorrentías en los periodos de lluvia, por contaminantes provenientes de distintas zonas a través de corrientes y por tráfico marítimo; contando además que estos organismos son bivalvos de importancia económica a lo largo de la costa con características idóneas para la biomonitorización, debido a que son sedentarios y se alimentan principalmente por filtración. De esta forma se utilizó a *A. notabilis*, para evaluar temporalmente la concentración de los metales Cu, Cd, Pb, Zn y Ni en la localidad de Guayacán en función con los parámetros físico-químicos de la zona.

## METODOLOGÍA

### Área de Estudio

Los organismos pertenecientes a la especie *A. notabilis* seleccionados para el análisis de metales pesados y las muestras de agua para la determinación de los parámetros físico-químicos fueron colectados en la localidad de Guayacán ubicada al norte de la Península de Araya en el Estado Sucre, entre los  $10^{\circ} 39' 00''$  de longitud norte y  $63^{\circ} 60' 55''$  de longitud oeste. Esta pertenece al municipio Cruz Salmerón Acosta y se caracteriza por presentar un clima árido con temperatura promedio entre  $23^{\circ}$  y  $29^{\circ}\text{C}$ .

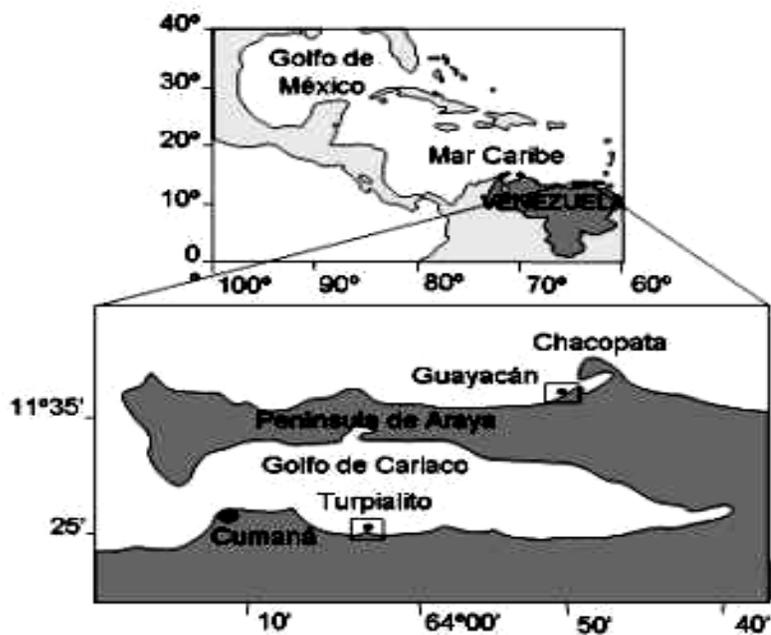


Figura 1. Ubicación geográfica del área de muestreo de la pepitota roja *A. notabilis* en la localidad de Guayacán, estado Sucre, Venezuela.

## **Determinación de los parámetros**

Temperatura, oxígeno disuelto, pH y salinidad

Estos parámetros fueron determinados durante noviembre del 2006, mayo y agosto del 2007 y febrero del 2008 respectivamente. La temperatura fue medida mediante un termómetro ambiental modelo YSI, el oxígeno disuelto se determinó de de campo modelo 3071 y la salinidad a través de un refractómetro de campo American Optical de lectura directa.

Para estudiar la biomasa fitoplanctónica y la concentración de nutrientes (nitrito y amonio) se colectaron muestras de agua de mar en envases de vidrio de 125 ml lavados previamente con agua destilada, los cuales fueron conservados en frío hasta el momento del análisis.

Biomasa fitoplanctónica

Se estimó midiendo la clorofila a. Una vez en el laboratorio, el agua de mar fue filtrada utilizando membranas filtrantes de fibra de vidrio del tipo whatman GF/C. Para llevar a cabo esta técnica de filtración se colocó una membrana sobre el soporte del filtro y se le aplicó vacío. Se lavó el embudo de filtración con agua de mar filtrada eliminando toda el agua del filtro (extracto pigmentario) que luego fue guardado en el tubo previsto y colocada al abrigo de la luz. Posteriormente a la filtración, se realizó el proceso de extracción de pigmentos en el cual se introdujo el filtro en un tubo de centrifugación y se le añadió 10 ml de solvente de extracción (acetona al 90%). El filtro fue triturado con una barra de vidrio y luego se tapó y agitó (se dejó que la extracción continuara durante dos horas en la oscuridad y en el refrigerador). De inmediato, se centrifugó durante un minuto a 4 000 rpm y los tubos fueron retirados

de la centrifugadora haciéndose caer las fibras de vidrio adheridas a las paredes por encima de la superficie de éste con ligeros movimientos de agitación. Se centrifugó nuevamente de cinco a diez minutos de 3 000 a 4 000 rpm. Finalmente, se seleccionó el sobrenadante y se midió la absorbancia a longitudes de onda de 665 y 750 nm en un espectrofotómetro Thermo Spectronic, modelo Genesis™ 8 (Senior, 1987).

### Nitrito

Para este análisis se colocaron 50 ml de agua en un erlenmeyer de 150 ml mezclado seguidamente con 1 ml de la solución de sulfanilamida, dejando reposar luego de 2 a 8 minutos. Pasado este periodo, se añadió 1 ml de solución de N- naftil-etilendiamina y se dejó reposar durante 10 minutos. Por último se midió la absorbancia en un espectrofotómetro Thermo Spectronic, modelo Genesis™ 8, a una longitud de onda de 543 nm (Senior, 1987).

### Amonio

En este caso, se colocó 100 ml de agua de mar en un erlenmeyer con 3 ml de solución de fenol-nitroprusiato el cual fue tapado y homogeneizado, en seguida se colocó 3 ml de solución alcalina de hipoclorito de sodio que a su vez fue nuevamente tapada y homogeneizada y en última instancia colocada en reposo al abrigo de la luz de 6 a 8 horas a temperatura ambiente. A continuación, se midió la absorbancia en un espectrofotómetro Thermo Spectronic, modelo Genesis™ 8, a una longitud de onda de 630 nm (Senior, 1987).

## **Determinación de metales pesados**

### Captura de organismos

Se colectaron 24 ejemplares de *A. notabilis* durante dos meses de lluvia (noviembre 2006 y agosto 2007) y dos meses de sequía (mayo 2007 y febrero 2008). Los organismos fueron muestreados mediante la técnica de buceo autónomo, según Díaz et al. (2001). Luego de haber sido obtenidas fueron colocados en bolsas plásticas, refrigeradas y transportadas al Laboratorio de Ecotoxicología del Centro de Investigaciones Ecológicas de Guayacán (CIEG).

### Tratamiento de muestras

En el laboratorio, se realizó la limpieza de cada uno de los ejemplares y se tomaron las medidas morfométricas correspondientes con un vernier digital Neico-USA. Seguidamente se procedió a la remoción del tejido blando con pinzas plástica, los cuales fueron lavados con agua desionizada, colocados en envases plásticos previamente rotulados y pesados y se calculó su masa húmeda. Luego de esto, fueron colocados en una estufa a 60° por 48 horas. Finalmente, ya deshidratados los tejidos se obtuvo la masa seca del mismo a través de una balanza analítica Denver, modelo TR204 de 0,001 g de apreciación. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio de Ecofisiología de la Universidad de Oriente (Sucre).

### Análisis de metales

Para analizar la concentración de los metales, las muestras una vez secas fueron digeridas con ácido nítrico concentrado (HNO<sub>3</sub>) durante 24 horas, luego se colocaron en baño de maría a 60° por una hora. Posteriormente se filtraron con papel Whatman

Nº 5 y aforadas hasta 25 ml con agua desionizada. Las muestras permanecieron en un periodo de enfriamiento y reposo y luego se realizó la cuantificación de metales (cobre, zinc, cadmio, plomo y níquel) por espectrofotometría de absorción atómica utilizando un espectrofotómetro con llama de aire-acetileno y lámpara correctora de deuterio Perkin Elmer modelo 3110 a longitud de onda específica para cada metal (Tabla 1). La precisión del método fue verificada utilizando el estándar de referencia de tejido NIST Oyster Tissue 1566a.

Tabla 1. Longitud de onda, slit, sensibilidad y límites de detección para los metales analizados por espectrofotometría de absorción atómica.

Met al	Longitud de onda (nm)	Slit (nm)	Sensibilid ad (mg/l)	Límites de detección (mg/l)
Cob	324,7	0,7	0,08	0,002
Zinc	213,9	0,7	0,018	0,002
Cad	228,8	0,7	0,03	0,001
Plo	283,3	0,7	0,45	0,03
Niq	232,0	0,2	0,14	0,009

### **Análisis estadísticos**

Se realizó un análisis de varianza no paramétrico por el método de Kruskal-Wallis para determinar si existían diferencias entre las concentraciones de los metales analizados en el tejido de *A. notabilis* en relación a cada uno de los meses de muestreos. Los resultados que mostraron diferencias estadísticas significativas se les aplicaron la prueba a posteriori de contraste múltiple. Para estos análisis se utilizó el programa computarizado STATGRAPHICS Plus 5.1.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Parámetros

Los valores obtenidos de los parámetros físico-químicos de las aguas superficiales de la localidad de Guayacán (tabla 2) muestran variaciones en el periodo de muestreo, específicamente, durante noviembre y agosto (periodo de calma) y mayo y febrero (sequía) además de ciertas variaciones ambientales que determinan la calidad de las agua.

Tabla 2. Promedio de parámetros físico-químicos del agua de mar de la localidad de Guayacán, estado Sucre, Venezuela durante los meses de noviembre 2006, mayo y agosto 2007, febrero 2008.

Parámetros	Noviembre 2006	Mayo 2007	Agosto 2007	Febrero 2008
Temperatura (°C)	28,7	25,7	27	24
Oxígeno disuelto(ml/l)	5,13	3,15	6,32	4,8
pH	7,97	7,57	7,75	7,6
Salinidad (%)	37	40	39	-
Nitrito ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,11	2,02	0,21	-
Amonio ( $\mu\text{mol/l}$ )	1,84	1,72	1,55	-
Clorofila <i>a</i> ( $\mu\text{g/l}$ )	5,69	9,96	1,39	17,04

Durante el mes de noviembre 2006 y agosto 2007 se observó un aumento en la temperatura, pH, oxígeno disuelto y amonio, así mismo, una disminución en la salinidad, y en los niveles de nitrito y de clorofila *a*. Entre tanto, los periodos de mayo 2007 y febrero 2008 muestran características de un periodo de sequía, con una disminución en la temperatura, pH, oxígeno disuelto y un aumento en los niveles de clorofila *a*.

Para la costa oriental de Venezuela existe un patrón de afloramiento que ha sido establecido año tras año por numerosos investigadores, lo cuales señalan que desde el mes de diciembre hasta el mes de abril existe la mayor productividad en estas costas, característico de un periodo de surgencia, resaltando que éstos movimientos verticales de las masas de agua induce a un afloramiento en la concentración de nutrientes y de clorofila *a*, y por consecuente un aumento en la descomposición de la materia orgánica. El resto de los meses está caracterizado por muy baja productividad asociado a los períodos de lluvia, tal como lo han reportado muchos autores como Ferraz (1983; 1989; 1992), Estrella (1988), Troccoli (1989; 1994), Fermín (1997), Jordán (1997) y Lara, (2008). En relación a lo antes expuesto, el mes de febrero se corresponde con el período típico de afloramiento, mientras que el mes de agosto con el período de calma o lluvia. Los meses de mayo y noviembre se relacionan con meses de transición.

En el medio acuático, los organismos viven en condiciones permanentemente cambiantes, por lo que en general, se encuentran afectados por los cambios bruscos de los factores físicos y químicos de la columna de agua como son la temperatura, salinidad, material en suspensión, corrientes marinas, a los que se suman concentraciones de algunos contaminantes, tanto naturales como antrópicas. En conjunto estos factores imponen un estrés considerable en los mecanismos homeostáticos, lo que permite regular la incorporación de los metales en función de la disponibilidad de estos elementos inorgánicos (Botello *et al.*, 2005). Cabe destacar, que los procesos físico-químicos cumplen un papel fundamental en la captación o biodisponibilidad de ciertos contaminantes, por ello, es necesario resaltar la gran influencia de los factores físico-químicos del medio para poder explicar en muchos casos la acción de los contaminantes.

## Metales

### Cobre y Zinc

El zinc al igual que el cobre, son elemento bioesenciales, utilizados en diversos procesos fisiológicos, actuando principalmente como componentes estructurales o catalíticos indispensables en el crecimiento y la reproducción de los organismos marinos (Harris, 1991). Los niveles de cobre presente en el tejido de *Anadara notabilis* en relación a los meses de muestreo no mostraron diferencias estadísticas significativas ( $Kw=2,44$  NS;  $p> 0,05$ ), encontrándose valores dentro de un intervalo de variación relativamente estrecho; presentando la máxima concentración durante el mes de mayo ( $1,65\pm 0,60$   $\mu\text{g/g}$  masa seca) (Figura 2); por el contrario se encontraron variaciones en los niveles de Zinc mostrando diferencias estadísticas muy significativas ( $Kw= 13,99^{**}$ ;  $p<0,001$ ).

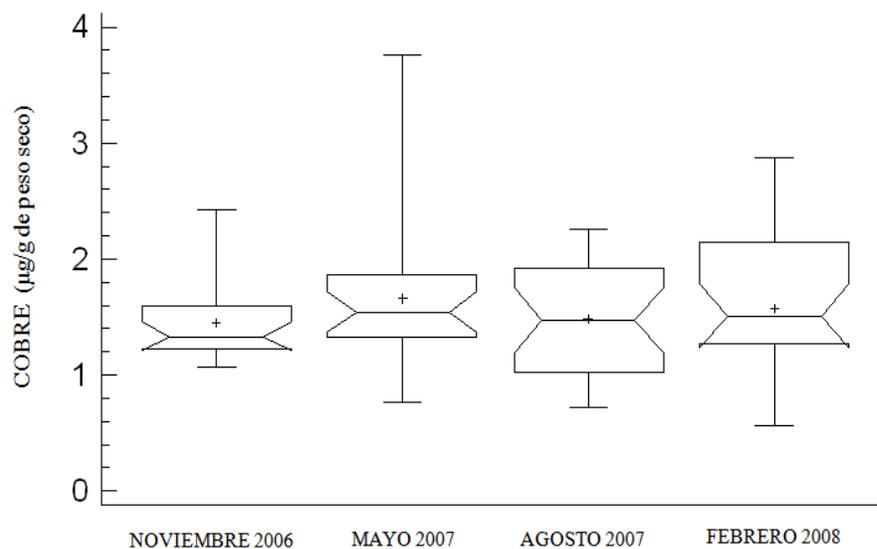


Figura 2. Concentración temporal de Cu ( $\mu\text{g/g}$  masa seca) en *Anadara notabilis* ( $Kw=2,44$  Ns;  $p> 0,05$ ), de la localidad de Guayacán, Península de Araya - estado Sucre.

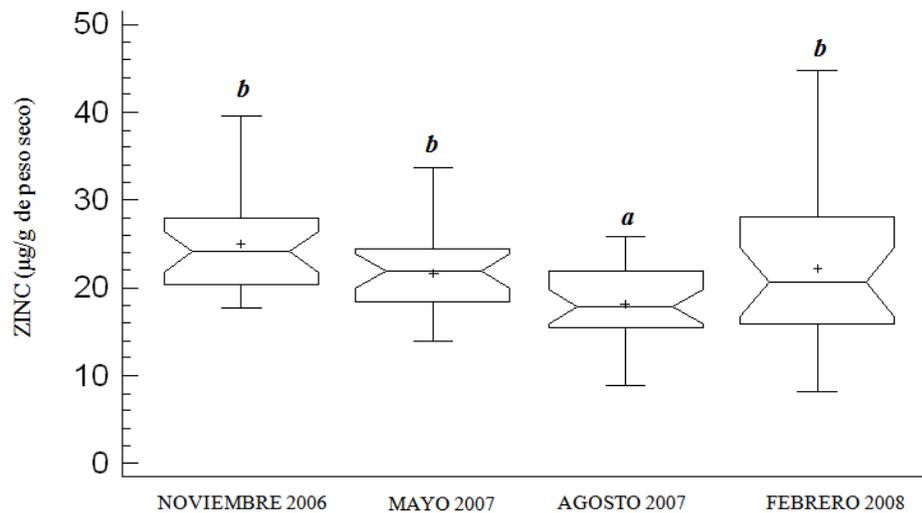


Figura 3. Concentración temporal de Zn ( $\mu\text{g/g}$  masa seca) en *Anadara notabilis* ( $K_w = 13,99^{**}$ ;  $p < 0,001$ ), de la localidad de Guayacán, Península de Araya - estado Sucre.

A través de la prueba a posteriori de contraste múltiple se pudo observar la formación de dos grupos: el primer grupo representado por el mes de agosto 2007 donde se obtuvo los niveles más bajos de este metal ( $18,14 \pm 4,46 \mu\text{g/g}$  masa seca), el cual corresponde al periodo más lluvioso, y el segundo grupo representado por los meses de noviembre 2006 ( $25,06 \pm 5,78 \mu\text{g/g}$ ), mayo 2007 ( $21,67 \pm 5,14 \mu\text{g/g}$ ) y febrero 2008 ( $22,19 \pm 8,81 \mu\text{g/g}$  masa seca).

Según Olavarría (2007), el cobre es un elemento que a diferencia de otros no esenciales, es eficientemente regulado a bajas concentraciones y la poca variabilidad temporal observada en los niveles de este metal en *Anadara notabilis* probablemente se debe a un mecanismo de regulación en la absorción y liberación del mismo en respuesta a una eficaz tasa de crecimiento y a sus necesidades metabólicas (Manrique, 1982; Jiménez, 1999; Jiménez *et al.*, 2001).

Resultados similares han sido reportados en distintas investigaciones donde se observaron variaciones temporales estrechas en los niveles de Cu en diversos

bivalvos de diferentes especies tales como *Mytilus californianus* (Phillips, 1977), *Tivela mactroides* (Acosta y Lodeiros, 2001), y *M. edulis* (Gutiérrez-Galido y Muñoz-Barbosa, 2001). Tales trabajos demostraron la eficiencia que presentan estos organismos en la regulación del cobre. En base a los resultados obtenidos, cabe destacar que la reducida variación de este metal en los tejidos blandos de *Anadara notabilis*, alejan las opciones de considerarlo como biosensor de contaminación por cobre.

En el caso del zinc, parece existir una relación entre los niveles del mismo y el ciclo reproductivo de las especies (Olavarría, 2007). *Anadara notabilis* se caracteriza por presentar una alta tasa de reproducción, proceso que exige mayor demanda en los niveles de zinc (Jiménez et al., 2001), considerando las variaciones en las condiciones ambientales. Es conocido que las etapas del ciclo reproductivo ocurren dependiendo de las variaciones de los factores físico-químicos del ambiente. Según lo reportado por Prieto (2001), bajas temperaturas y altas salinidades favorecen el periodo de desove de esta especie. Igualmente, la disponibilidad de nutrientes es otra variable que juega un papel importante en el ciclo reproductivo de los bivalvos, esencialmente por la demanda de energía que requiere el desarrollo y la madurez de la gónada. Esta fuente energética procede directamente de los alimentos ingeridos del medio ambiente. Esta condición podría explicar de alguna manera la tendencia a encontrar mayores concentraciones de Zinc durante la mayor parte del periodo muestreado, es decir, durante los meses de noviembre 2006, mayo 2007 y febrero 2008, donde además de encontrar bajas temperaturas se tiene mayor disponibilidad de nutrientes y de clorofila a en comparación al mes de agosto 2007 (tablas 2). En este último periodo posiblemente los individuos de esta especie se encuentren en una etapa de emisión de gametos, proceso asociado al periodo de lluvia y a las altas temperaturas encontradas durante este mes (García-Domínguez et al., 2008).

Las variaciones temporales en los niveles de Zn también han sido reportadas por otros autores en la zona nororiental de Venezuela. En *Arca zebra* las

concentraciones más elevadas de Zinc se obtuvieron durante el mes de agosto ( $44,88 \pm 34,69 \mu\text{g/g}$ ) con diferencias altamente significativas en relación a los meses de análisis (Acagua, 2008). Igualmente, Laurent (2009) reportó variaciones temporales en los niveles de Zn presente en *Perna viridis* colectadas en la localidad de Guayacán, estado Sucre, observando altas concentraciones durante los meses de noviembre 2006 y agosto 2007. Tales resultados coinciden en ambos casos con el periodo de desove de estas especies (*Arca zebra* y *Perna viridis*).

### Cadmio

El cadmio es ampliamente distribuido en niveles muy bajos en el medio ambiente marino. Hasta donde se sabe se considera un metal no esencial para los humanos, plantas y animales, el cual por encima de una concentración umbral puede ser extremadamente tóxico, de allí su importancia toxicológica y ecotoxicológica en los ambientes acuáticos (Castané *et al.*, 2003; Botello *et al.*, 2005).

Según los resultados, el cadmio presentó un patrón de variación temporal similar al del zinc mostrando diferencias altamente significativas ( $K_w=26,72^{***}$ ;  $p<0,001$ ) (Figura 4).

Al aplicar la prueba a posteriori de contraste múltiple se formaron dos grupos, el primero representado por el mes de agosto ( $18, 51 \pm 8,98 \mu\text{g/g}$  masa seca) y un segundo grupo representado por los meses de noviembre 2006, mayo 2007 y febrero 2008, siendo el mes de mayo el de mayor concentración ( $33,35 \pm 11,59 \mu\text{g/g}$  masa seca). Las concentraciones más bajas de ambos elementos (Cd y Zn) se obtuvieron durante el mes de agosto 2007 en comparación a los meses de análisis restantes. Este comportamiento podría deberse a que los iones de  $\text{Cd}^{2+}$  presentan fuertes analogías químicas con el Zn por lo que suelen penetrar en la célula a través de los mismos

sistemas de transporte, corroborando que las moléculas transportadoras de los metales esenciales no son del todo específicas y en muchos casos puede transportar otros metales no esenciales con características similares (carga y radio iónico). (Baran, 1995; Castané *et al.*, 2003; Iniesta y Blanco, 2005; Olavarría, 2007).

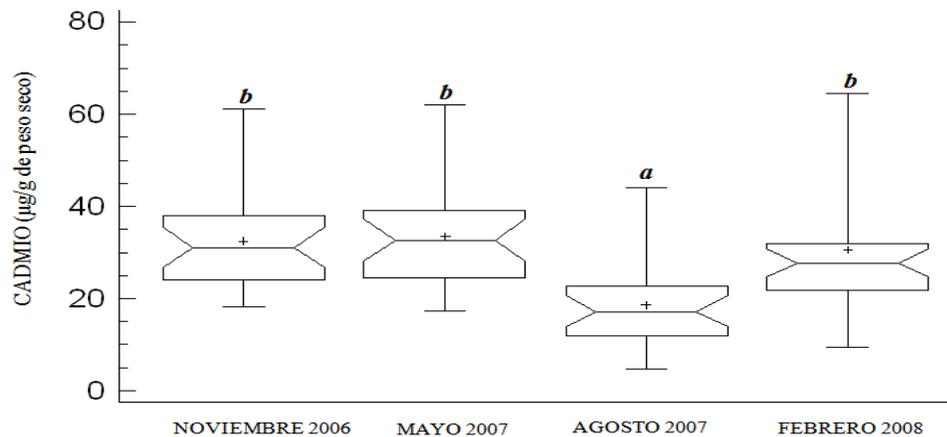


Figura 4. Concentración temporal de Cd ( $\mu\text{g/g}$  masa seca) en *Anadara notabilis* ( $K_w=26,72^{***}$ ;  $p<0,001$ ), de la localidad de Guayacán, Península de Araya - estado Sucre.

Dentro de la red trófica, los organismos fotosintetizadores o productores son las principales vías de acceso de los metales hacia los consumidores y son los factores ambientales los que afectan el grado de biodisponibilidad y por ende, los efectos tóxicos del cadmio en los organismos acuáticos. Por ejemplo, según Castañé *et al.* (2003), sugieren que al aumentar la temperatura incrementa la captación y los efectos tóxicos del Cd, mientras que el aumento de la salinidad o de la dureza del agua tiene efecto inverso. Sin embargo, Vernberg *et al.* (1974) establecieron que el cadmio logra acumularse a salinidades altas independientemente de la temperatura. Así mismo Viarengo y Noot (1993), observaron que la bioacumulación de este metal en los moluscos bivalvos *Mytilus edulis*, *Crassostrea virginica*, *Saccostrea equinata* y *Argopecten irradians* es mayor en la combinación de alta salinidad y baja temperatura, tal como se hace evidente en este trabajo de investigación según el análisis de los parámetros establecidos (tabla 2).

La materia orgánica es considerada como otra variable que determina la captación del metal (Castañé *et al.* 2003). Como se mencionó anteriormente, los meses donde se observaron las mayores concentraciones de cadmio (nov-06, may-07 y feb-08), coincide con los meses de mayor actividad biótica, por lo que existe una mayor descomposición de materia orgánica (Müller-Karger *et al.*, 1989) en comparación a los meses de agosto (tabla 2). Según Roy y Campbell (1997) este parámetro tiene influencia en la especiación y biodisponibilidad de los metales, actuando como un ligando. Al mismo tiempo reduce la toxicidad por complejación del metal, asumiendo implícitamente que los complejos hidrofílicos metal-materia orgánica no contribuyen directamente a la toxicidad del mismo por su incapacidad de atravesar las barreras biológicas.

De esta forma, se hace evidente la influencia de las variables ambientales en los cambios de la especiación química del elemento metálico y por consiguiente en los mecanismos de bioacumulación de dichos elementos. Sin embargo, pese a las variaciones de este metal, el promedio de los niveles de cadmio se encuentra entre 18,51 y 33,35  $\mu\text{g/g}$  de peso seco, superando los límites máximos permisibles para el consumo humano según la FDA (5  $\mu\text{g/g}$ ) y COVENIN (0,1  $\mu\text{g/g}$ )

Esta tendencia ha sido observada en otras investigaciones realizadas en la costa nororiental de Venezuela. Según Acagua (2008), en *Arca zebra* provenientes de Isla Caribe, se encontró una concentración de cadmio entre 6,12 - 22,49  $\mu\text{g/g}$  de masa seca. Así mismo en *Lima scabra* originaria de Isla Cubagua los niveles de este elemento estuvieron entre 0,20 - 0,40  $\mu\text{g/g}$  (Martins, 2004). lo que indica un alto grado de biodisponibilidad de este metal y la posible existencia de una fuente de contaminación en esta zona.

## Plomo y Níquel

Los niveles de plomo y níquel en *A. notabilis* mostraron diferencias altamente significativas en relación al periodo de muestreo ( $K_w = 20,21^{***}$  y  $K_w = 21,77^{***}$ ;  $p < 0,001$  respectivamente) (figura 5), ambas con un patrón de variación similar durante los meses analizados.

Según los resultados obtenidos después de la aplicación de la prueba de contraste múltiple se formaron dos grupos: el primer grupo correspondiente al mes de febrero 2008 donde se obtuvo los menores niveles de estos elemento ( $Pb = 0,37 \pm 0,36$  y  $Ni = 0,26 \pm 0,26 \mu\text{g/g}$  masa seca) y un segundo grupo representado por los meses de noviembre 2006 y mayo y agosto 2007, con valores de Pb comprendidos entre  $0,73 \pm 0,23$ ;  $0,75 \pm 0,24$  y  $0,79 \pm 0,23 \mu\text{g/g}$  masa seca y niveles de Ni comprendidos entre  $0,67 \pm 0,46$ ;  $0,63 \pm 0,36$  y  $0,53 \pm 0,26 \mu\text{g/g}$  masa seca respectivamente

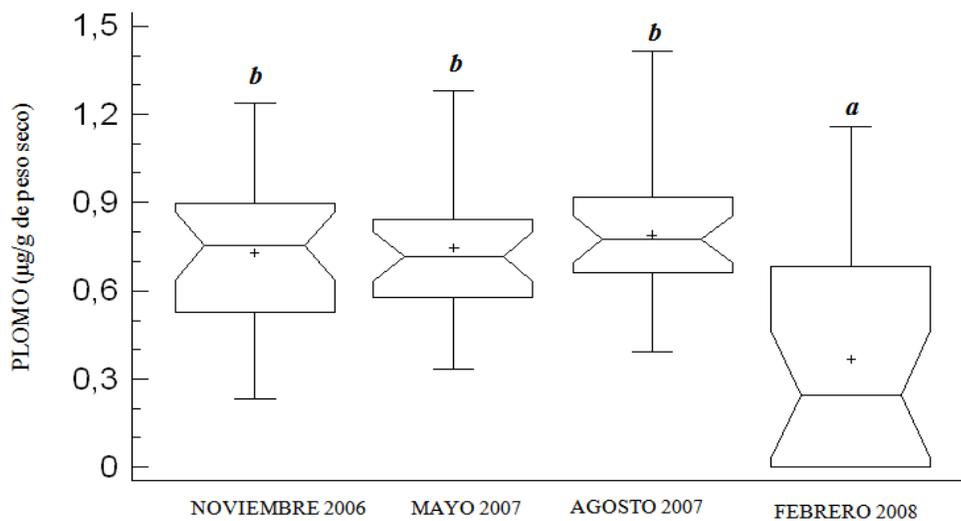


Figura 5. Concentración temporal de Pb ( $\mu\text{g/g}$  masa seca) en *Anadara notabilis* ( $K_w = 20,21^{***}$ ;  $p < 0,001$ ), de la localidad de Guayacán, Península de Araya - estado Sucre.

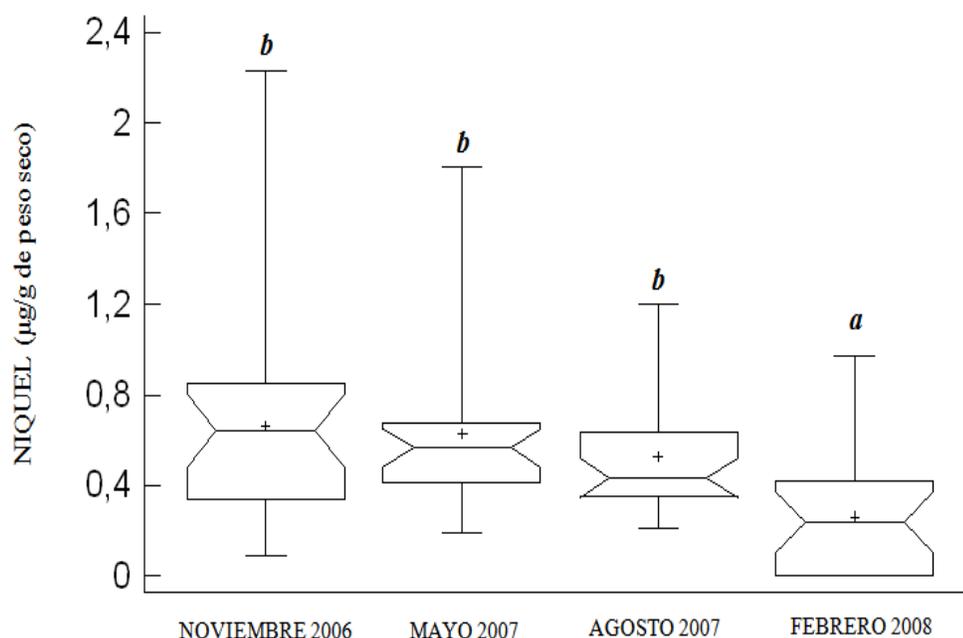


Figura 6. Concentración temporal de Ni ( $\mu\text{g/g}$  masa seca) en *Anadara notabilis* ( $K_w = 21,77^{***}$ ;  $p < 0,001$ ), de la localidad de Guayacán, Península de Araya - estado Sucre.

Las concentraciones obtenidas de estos elementos durante los meses de noviembre 2006 y mayo y agosto 2007 coinciden con las mayores temperaturas y pH en comparación con el mes de febrero, donde se observa bajas temperaturas ( $24^{\circ}\text{C}$ ) y un pH de 7,6 (Tabla 2).

El níquel es considerado un metal no esencial, que al igual que otros elementos metálicos como el plomo, se le relaciona con la industria del petróleo, particularmente con los efluentes provenientes de los procesos de refinación de crudos, así como de la industria productora de fertilizantes, de la industria del transporte y fundidoras, por lo que sus fuentes de aporte a los sistemas costeros son variadas (Botello, 2005). La biodisponibilidad de los metales depende en cierto grado a la cantidad y calidad de alimento en el medio. Las concentraciones de níquel

encontradas en el tejido de *A. notabilis* son bajas y se asume que la tasa de incorporación de estos metales al organismo es principalmente a través del alimento, y su variabilidad podría estar influenciada por los cambios de temperatura que se dan en cada uno de los meses, lo que influye en el cambio de especiación y por ende en su biodisponibilidad. Así mismo, Bryan y Langstong (1992) señalan que la temperatura induce un cambio en el pH y por ende en la solubilidad del metal, por lo que las bajas temperaturas que se registraron para el mes de febrero (24°C) pudieron influir en la menor oxidación de la materia orgánica presente, disminuyendo de esa manera la biodisponibilidad de los metales en estos organismos durante este mes a diferencia de los meses restantes donde se observaron temperaturas más elevadas.

Algunos autores como Iniesta y Blanco (2005) afirman que la incorporación de ciertos metales, principalmente el níquel en algunos bivalvos se realiza en forma disuelta lo que pudiera variar con la salinidad, temperatura, granulometría, contenido de materia orgánica disuelta, entre otros. Del mismo modo Márquez *et al.* (2000) señalan que el níquel a diferencia de otros metales evaluados, tiende a ser casi conservativo en algunos meses presentando una alta correlación con la salinidad por lo que se da un decrecimiento continuo del elemento con el aumento de la salinidad.

La presencia de estos metales ha sido reportada por otros autores en la zona nororiental de Venezuela. Acagua (2008) reportó concentraciones promedios entre 27,54 y 59,91 µg/g de Ni y 33,9 y 75,08 µg/g de Pb en *Arca zebra* las cuales fueron colectadas en Isla Caribe, estado Sucre. Al respecto, Laurent (2009) reportó variaciones temporales en los niveles de Ni y Pb con valores promedios de  $3,53 \pm 2,52$  µg/g y  $0,41 \pm 2,52$  µg/g de peso seco respectivamente en la localidad de Guayacán.

Evidentemente, los niveles de los metales analizados en el tejido de *A. notabilis* se acumularon en el siguiente orden: Cd>Zn>Cu>Pb>Ni, siendo los metales esenciales los que se concentraron en mayor proporción debido a la

importancia fisiológica que tienen estos elementos, los cuales juegan un papel importante en la bioquímica de los organismos pasando más fácilmente. A excepción del cadmio que superó los límites permisibles para el consumo humano según lo establecido por la FDA y COVENIN.

El hecho de que el cadmio supere los límites máximos permisibles para el consumo humano según estas organizaciones, podría resultar una situación alarmante, ya que los niveles de Cd encontrados en el tejido de *A. notabilis* podrían estar indicando la presencia de una fuente constante de este elemento al medio y por consiguiente un alto grado de biodisponibilidad. Este hecho reviste una mayor atención en lo que a efluentes industriales y domésticos se refiere, a los sistemas de corrientes y al tráfico marítimo que caracteriza a la zona de Guayacán.

Tabla 3. Niveles de Cu, Zn, Cd, Pb y Ni ( $\mu\text{g/g}$  de peso seco) obtenidos en *Anadara notabilis* en la localidad de Guayacán, Península de Araya, estado Sucre, Venezuela y los límites permisibles establecidos por la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) y Food and drug Administration (FDA)

<b>Metales</b>	<b>Concentración (<math>\mu\text{g/g}</math> de peso seco)</b>	<b>Valores Permisibles (<math>\mu\text{g/g}</math>) (FDA)</b>	<b>Valores Permisibles (<math>\mu\text{g/g}</math>) (COVENIN)</b>
Cu	1,54 $\pm$ 0,51	10	10
Zn	21,76 $\pm$ 6,65	-	50
Cd*	28,74 $\pm$ 11,26	5	0,1
Pb	0,66 $\pm$ 0,32	5	2
Ni	0,52 $\pm$ 0,37	150	-

\* Supera valores permisibles.

Cabe destacar que en este caso existe un comportamiento similar entre el cadmio y el zinc puesto que los niveles más bajos de estos metales se obtuvo durante el mes de agosto 2007 y los más elevados concuerdan con los meses de noviembre del 2006, mayo 2007 y febrero 2008 respectivamente. De igual manera, las concentraciones de plomo y níquel presentaron un comportamiento similar en cuanto

a su variación temporal, obteniendo los niveles más bajos para el mes de febrero del 2008, el cual se corresponde con el periodo de afloramiento.

De acuerdo al patrón de variación que presentan cada uno de los elementos analizados, se muestra que cada metal presenta una tasa de incorporación diferente, asociada a las características innatas de las especies y una tasa de eliminación de todas las fracciones biodisponibles que dependen de la existencia o no de receptores específicos para cada metal, de la afinidad de estos receptores y de la especiación del metal en el ambiente, que se puede ver afectada según la influencia de ciertos factores de tipo físicoquímicos y que a su vez influyen en los efectos fisiológicos y toxicológicos que producen los metales sobre los organismos (Botello *et al.*, 2005; Iniasta y Blanco, 2005).

Los factores del medio influyen notoriamente en la tasa de captación y de absorción de los metales. Por ejemplo la salinidad modifica la captación de los metales pesados; bajas salinidades incrementan la biodisponibilidad y la incorporación debido a cambios en la especiación química del metal. Algunos autores señalan que el cadmio se encuentra en el agua de mar principalmente como cloruro; sin embargo, al disminuir la salinidad reincrementa la concentración de la forma libre y por ende su biodisponibilidad (Botello *et al.*, 2005). También la temperatura es un factor determinante. Según Bjerregaard (1990), la temperatura afecta la concentración del cadmio en el mejillón *Mytilus edulis* y en el caracol *Littorina littorina*. Sin embargo, Díaz *et al* (2001) indican que el aumento de la temperatura reduce la biodisponibilidad de metales; en tal caso la biodisponibilidad del mercurio (Hg) y del metilmercurio (CH<sub>3</sub>Hg) en *Mytilus edulis*. De esta forma podemos señalar que la influencia de los factores ambientales no hace referencia a una variable en particular, sino a la interacción de todas esas variables que determinan la calidad de una zona, de hecho se considera de gran importancia la presencia de otros metales puesto que también influyen en la tasa de captación. Según Bryan (1976), en las ostras, la

penetración del Zinc disminuye en presencia de concentraciones subletales de otros metales

Además de los factores ambientales, los factores biológicos son muy relevantes. Dentro de tales factores que influyen o que tienen relación con los efectos de los metales están estrechamente vinculados las condiciones propias de los organismos como son la edad, talla, peso, sexo, estadio, madurez gonádica, capacidad de adaptación, hábitos alimenticios, entre otros (Botello *et al.*, 2005).

Según los resultados obtenidos en este estudio se demuestra la asociación entre ciertas variables físico-químicas que favorecen o no la captación de los metales. Como ya hemos mencionado, el Cd y el Zn se concentraron en menor proporción durante el mes de agosto del 2007, mes correspondiente a la época de lluvia, conocido también como la época de no surgencia (calma), donde se mostró un aumento de la temperatura, pH, de oxígeno disuelto y una disminución en la salinidad y en los niveles de clorofila *a*, lo que presumimos no favorece la tasa de captación de estos elemento pero estas condiciones influyen favorablemente sobre la tasa de incorporación del Pb y del Ni en el tejido del organismo.

Caso contrario fue observado en el tejido de *Arca zebra* reportado por Acagua, (2008) donde los niveles de Cd, Cu y Zn se encontraron más elevados durante la época de no surgencia, por lo que en tal condición pudo estar influyendo la condición fisiológica de cada organismo. Por ejemplo, la incorporación de metales en los bivalvos está regulada principalmente por la tasa de filtración que es el factor que genera las mayores variaciones y la eficiencia de absorción de un metal, el cual varía entre individuo. Chong y Wang (2001), encontraron que en las mismas condiciones, la tasa de absorción de Cd, Cr y Zn era mayor en la almeja japónica *Ruditapes philippinarum* que en el mejillón *Perna viridis*, estas altas eficiencias de absorción

son las responsables, al menos en parte, de los elevados niveles de Cd y Zn encontrados en almejas respecto a los niveles observados en mejillones.

En base a esto, cabe destacar que los organismos no responden de igual manera ante los cambios que se producen normalmente, bien sea por los factores ambientales dados y/o por los generados por el hombre, por lo que debe tenerse en cuenta la sensibilidad y el grado de tolerancia de la especie ante este tipo de contaminante de origen metálicos.

## CONCLUSIONES

Se observaron fluctuaciones temporales en los niveles de los metales durante los periodos de estudios, encontrándose las menores concentraciones de cadmio y zinc durante el mes de agosto 2007, correspondiente a la época de lluvia o de no surgencia (calma), coincidiendo a su vez con un aumento de temperatura, pH y oxígeno disuelto e inversamente con una disminución en la salinidad y en la disponibilidad de alimento, lo que posiblemente no favoreció la captación de estos elementos.

Los niveles de Cu analizados en el tejido de *A. notabilis* no presentaron diferencias significativas en relación a los meses de análisis por lo que posiblemente este organismo no resulte un excelente biomonitor de este elemento, dado su alto dominio en la regulación del mismo.

Los niveles más bajos de plomo y níquel obtenidos para el mes de febrero 2008 correspondiente al periodo de sequía (surgencia), donde además se observó una disminución en la temperatura, pH, y en el oxígeno disuelto. Estas variaciones pudieran estar relacionadas directamente a los cambios de los factores ambientales ocurridas durante el tiempo de muestreo.

Los metales esenciales (Zn y Cu), se concentraron en mayor proporción que los no esenciales (Pb y Ni), a excepción del Cd cuyos niveles se encontraron por encima de los niveles de Zn incluso superando los límites máximos permisibles para el consumo humano según la FDA y COVENIN.

## **RECOMENDACIONES**

Dada la importancia de este trabajo de investigación y los niveles de Cd que superan los límites permisibles para el consumo humano, según lo establecido por COVENIN y la FDA, es recomendable un estudio más detallado donde se tomen en cuenta no solo variables ambientales sino también variables biológicas, considerando también las posibles variaciones temporales y espaciales. Además resultaría de gran interés un análisis que abarque la columna de agua y los sedimentos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acagua, A. 2008. *Variación estacional de Cu, Cd, Cr, Pb, Ni y Zn en Arca zebra (Mollusca: Bivalvia) de la Isla Caribe, estado Sucre, Venezuela*. Trabajo de pregrado. Departamento de Biología. Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela.
- Acosta, V. y Lodeiros, C. 2004. Efecto del cobre en juveniles de bivalvos (*Tivela mactroides*) provenientes de ambientes con diferentes niveles de contaminación. *Bol. Centro Invest. Biol.*, 38: 41-51.
- Acosta, V.; Lodeiros, C.; Señor, W. y Martínez, G. 2002. Niveles de metales pesados en sedimentos superficiales en tres zonas litorales de Venezuela. *Interciencias*, 27: 686-690.
- Ahumada, R. 1994. Nivel de concentración e índice de bioacumulación para metales pesados (Cd, Cr, Hg, Ni, Cu, Pb y Zn) en tejidos de invertebrados bénticos en la Bahía de San Vicente, Chile. *Rev. Biol. Mar.*, 29 (1): 77-87.
- Albert, L. y Badillo, F. 1991. Environmental lead in México. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.*, 117: 1- 48.
- Baran, J. 1995. Química bioinorgánica. Mc Graw-hill/interamericana. Madrid. 321 pp.
- Bjerregaard, P. y Depledge, M. 1994. Cadmium accumulation in *Littorina littorea*, *Mytilus edulis* and *Carcinus maenas*. *Rev. Biol. Mar.*, 106: 385-395.
- Bryan, G. y Langston, W. 1992. Bioavailability, accumulation and effects of heavy metals in sediments with special reference to United Kingdom estuaries: A review. *Environ. Pollut.*, 76:89-131.
- Botello, A.; Rendón, J.; Gold, G. y Agraz C. 2005. Golfo de México. Contaminación e impacto ambiental. Segunda edición. Universidad Autónoma de Campeche, México.
- Castañe, P.; Topalián, M.; Cordero, R. y Salibián A. 2003. Influencia de la especiación de los metales pesados en medio acuático como determinante de su toxicidad. *Rev. Toxicol.*, 20:13-18.
- Castillo, I.; Acosta, V.; Martínez G. y Nuñez, M. 2005. Niveles de metales pesados en gónadas y músculo aductor del mejillón marrón *Perna perna*, cultivado en la ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela. *Zoot. Trop.*, 23(2): 141- 154.
- Chong, K. y Wang, W. 2001. Comparative studies on the biokinetics of Cd, Cr and Zn in the green mussel *Perna viridis* and the Manila clam *Ruditapes philippinarum*. *Environ. Poll.*, 115: 107-121.
- Coll, M.; Cortés, J. y Sauma, D. 2004. Características físico-químicas y determinación de plaguicidas en el agua de la laguna de Gandoca, Limón, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 52: 33-42.

- COVENIN, 1994. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Pepitonas en conservas. Norma 1947-94. Min de Fomento. Caracas, Venezuela.
- Díaz, O.; Frache, R.; Chuecas, L. y Encina, F. 2001. Concentración de mercurio total en residuos industriales líquidos y su impacto en el área marina costera de la Bahía San Vicente. *Cont. Cient. y Tecn., Área de Cienc. Bás.*, 110: 21-33.
- Estrella, G. 1988. Estudio fisiológico del fitoplancton del Golfo de Cariaco. Trabajo de Pregrado. Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Cumaná.
- FDA, 1993. Guidance Documents for Cadmium in Shellfish. Center of Food Safety and Applied Nutrition Food and Drug Administration USA. Pág 3.
- FDA, 1993. Guidance Documents for Lead in Shellfish. Center of Food Safety and Applied Nutrition Food and Drug Administration USA. Pág 4.
- FDA, 1993. Guidance Documents for Nickel in Shellfish. Center of Food Safety and Applied Nutrition Food and Drug Administration USA. Pág 3.
- Fermín, I. 1997. Variación semanal de las concentraciones de los pigmentos clorofílicos en aguas adyacentes a la Isla de Margarita. Trabajo de Grado. Departamento de Acuicultura, Universidad de Oriente, Nueva Esparta, Venezuela.
- Ferráz, E. 1983. Estudio del fitoplancton en la Cuenca Tuy-Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanog. Venezuela. Univ. Oriente*, 22(1 y 2): 111-124.
- Ferráz, E. 1989. Influencia de los factores físicos en la distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Inst. Oceanog. Venezuela. Univ. Oriente.*, 28(1 y 2): 47-56.
- Ferráz, E. 1992. Fitoplancton de la encenada de Canguas, Península de paria, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanog. Venezuela. Univ. Oriente.*, 31(1 y 2): 17-26.
- Frías, M.; Ortiz, M.; Osuna, I. y Jonson, A. 1998. Heavy metals in the rock oyster *Crassostrea iridescens* (Filibranchia: Ostreidae) from Mazatlán, Sinaloa, México. *Rev. Biol. Trop.*, 45: 1061-1068.
- García-Domínguez, F.; De Haro-Hernández, A.; García-Cuellar, A.; Villalejo-Fuerte, M. y Rodríguez- Astudillo, S. 2008. Ciclo reproductivo de *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1933) en Bahía Magdalena, México. *Rev. Biol. Mar.*, 43(1): 143-152.
- García, J.; Acuña, J. y Vargas, J. 2004. Metales traza en sedimentos costeros de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 52: 51-60.
- Giles, W. 1984. *Ciclo reproductivo e índice de condición de la especie Anadara notabilis en Playa Tocuchare, Estado Sucre, Venezuela.* Trabajo de Pregrado. Departamento de Biología, Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela.
- González, J.; Vargas, J.; Gómez, E. y García, J. 2004. Hidrocarburos de petróleo disueltos y dispersos en cuatro ambientes costeros de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 52: 43-50
- Gutiérrez-Galindo, E. y Muñoz-Barbosa, A. 2001. Variación temporal de Ag, Cd, y Cu en *Mytilus californianus*. *Cienc. Mar.*, 27(2): 269-287.
- Guzmán, p.; Villanueva, S. y Botello, A. 2005. Metales en tres Lagunas Costeras del estado de Veracruz. *Environ. Sci. Technol.*, 11: 277-282.

- Harris, E. 1991. Copper transport: an overview. *Biol. and Medic.*, 192: 130-140.
- Higth, S. 1987. Rapid determination of methylmercury in fish and shellfish: collaborative study. *Jour. Assoc. Offic. Anal. Chem.*, 70(4): 667-672.
- Higth, S. y Corcoran, M. 1987. Rapid determination of methylmercury in fish and shellfish. Method development. *Jour. Assoc. Offic. Anal. Chem.*, 70(1): 24-30.
- Iniasta, R. y Blanco, J. 2005. Bioacumulación de hidrocarburos y metales asociados a vertidos accidentales en especies de interés comercial de Galicia. *Galician J. Mar. Res.*, 2: 1-200.
- Jiménez, M. 1999. Distribución y abundancia de moluscos bentónicos en praderas de *Thalassia testudinum* en la Bahía de Mochima, Estado Sucre, Venezuela. Trabajo de ascenso. Departamento de Biología Marina. Universidad de Oriente. Cumaná. Venezuela.
- Jiménez, M.; Marín, B.; Allen, T.; Márquez, B.; Villafranca, S. y Prieto, A. 2001. Abundancia de *Anadara notabilis* en praderas de *Thalassia testudinum* en la Bahía de Mochima, Estado Sucre, Venezuela. Departamento de Biología Marina. Universidad de Oriente. Cumaná. Venezuela.
- Jiménez, M.; Prieto, A.; Ruíz, L.; Marín, B. y Allen, T. 2004. Distribución de tallas, crecimiento y mortalidad de *Anadara notabilis* en la Bahía de Mochima, Estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanog. Venez. Univ. Oriente*, 41(1): 41-47.
- Jordan, N. 1997. Cambios estacionales en la composición bioquímica del setón en las localidades de Chacopata (Península de Araya) y Punta Arenas Golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela. Trabajo de ascenso. Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Cumaná.
- Ke, C. y Wang, W. 2001. Bioaccumulation of Cd, Se and Zn in and Estuarine Oyster (*Crassostrea Rivularis*) and a Coastal Oyster (*Sacosstrea glomerata*). *Aquat. Toxicol.*, 56: 33-51.
- Laurent, C. 2009. Variación estacional de metales pesados en *Perna viridis*, de la Localidad de Guayacán, Península de Araya, Estado Sucre, Venezuela. Trabajo de Pregrado. Departamento de Biología. Universidad de Oriente. Cumaná. Venezuela.
- Manrique, R. 1982. *Estudio de la producción y algunos aspectos ecológicos de la pepitona roja Anadara notabilis del Golfo de Cariaco*. Trabajo de Pregrado. Departamento de Biología. Universidad de Oriente. Cumaná. Venezuela.
- Marquéz, A.; Senior, W. y Martínez, G. 2000. Concentraciones y comportamiento de metales pesados en una zona estuarina de Venezuela. *Intercien.*, 25: 284-291.
- Martins, C. 2004. *Acumulación y depuración del cadmio en relación con el perfil de enlazamiento a metaloproteínas en el hepatopáncreas del bivalvo Lima scabra*. Trabajo de ascenso. Departamento de Biología. Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela.
- Müller-Karger, F.; McClain, C.; Fisher, T.; Esaias, W. y Varela, R. 1989. Pigment distribution in the Caribbean Sea: Observations from space. *Prog. Oceanogr.* 23:23-64.

- Olavarría, Y. 2007. Determinación de trazas de cadmio en cholga (*Aulacomya ater*), chorito (*Mytilus chilensis*) y ostra chilena (*Ostrea chilensis*) en la zona de Chiloé (Hueihue). Trabajo de Pregrado. Escuela de Química. Universidad de Astral de Chile. Valdivia.
- Páez, F.; Botello, A. y Villanueva, S. 1986. Heavy metals in Coatzacoalcos. Estuary and Oistion Lagoon, México. *Mar. Pollut. Bull.*, 11: 516-519.
- Phillips, D. 1977. The use of biological indicator organism to monitor trace metal pollution in marine and estuarine environments. *Environ. Pollut.*, 13: 281-317.
- Prieto, A. 1980. Some ecological aspects of the bivalve mollusk *Anadara notabilis* in two areas from the Gulf of Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanog. Univ. Oriente.*, 19: 119-124.
- Prieto, A.; Ruíz, L.; García, N. y Alvarez, N. 2001. Diversidad malacologica en una comunidad de *Arca zebra* (Mollusca: Bivalvia) en Chacopata, estado Sucre, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.*, 49(2): 591-598.
- Prieto, A. y Saint, M. 1998. Crecimiento del bivalvo *Arca zebra* en Chacopata, Estado, Sucre, Venezuela. *Saber*, 10: 14-19.
- Rainbow, P.; Malik, I y Brien, O. 1993. Physicochemycal and physiological effects on the uptake of dissolved zinc and cadmium by the amphipod crustacean *Orchestia gammarellus*. *Aquat. Toxicol.*, 25: 15-30.
- Riisgard, H.; Kiorbe, T.; Mohlenberg, F.; Draback, I. y Pheiffer, P. 1985. Accumulation, elimination and chemical speciation of mercury in the bivalves *Mytilus edulis* and *Macoma balthica*. *Mar. Biol.*, 86: 55-62.
- Rojas, L.; Chang, Y. y Bekele, I. 2005. Heavy metals in sediments, mussels and oysters from Trinidad y Venezuela. *Rev. Biol. Trop.*, 53: 33-40.
- Rosas, P.; Báez, A. y Belmont, R. 1983. Oyster (*Crassostrea virginica*) as indicator of heavy metals pollution in some lagoons of the Gulf of Mexico. *Water, Air, Soil Pollut.*, 20: 127-135.
- Roy, R. y Campbell, P. 1997. Decreased toxicity of Al to juvenile atlantic salmon (*Salmo salar*) in acid soft water containing natural organic matter. *Environ. Toxicol. Chem.*, 16: 1713-1720.
- Saquid, M. 1992. Toxic metal chemistry environments. Marcel Dekker Inc; New York: 389.
- Senior, W. 1987. *Guía práctica de análisis químico del agua de mar*. Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela.
- Sharp, G.; Samant, H. y Vaidya, O. 1988. Selected metal levels of commercially valuable seaweeds adjacent to and distant from point sources of contamination in Nova Scotia and New Brunswick. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 40: 724- 730.
- Spongberg, A. 2004. Contamination in surface sediments in the coastal waters of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 52: 1-10.
- Tineo, C. 2002. *Diversidad de moluscos en la laguna de Bocaripo, Guayacán, Estado Sucre, Venezuela*. Trabajo de Pregrado. Departamento de Biología, Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela.

- Troccoli, L. 1989. Análisis cuantitativo y cuantitativo del fitoplancton de la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua, Venezuela, Tesis de grado magíster scientarum en ciencias marinas mención Biología Marina. Universidad de Oriente .Cumaná.
- Vázquez, F.; Aguilera, C.; Delgado, D. y Márquez, A. 1990. Trace and heavy metals in the oyster *Crassostrea virginica*, San Andrés Lagoon, Tamaulipas, México. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 45: 907-914.
- Vernberg, W., De Coursey, P. y Ohata J. 1974. Multiple environmental factor effects on physiology and behaviour on the fiddler crab *Uca pugilator*. Academic Press Inc; New York: 381.
- Villanueva, S. y Botello, A. 1992. Metales pesados en la zona costera del Golfo de México y Caribe Mexicano. *Rev. Int. Contam. Ambient.*, 8: 47-41.
- Viarengo, A. y Nott, J. 1993. Mechanism of heavy metal cation homeostasis in marine invertebrates. *Comparat. Biochem. Physiol.*, 104: 355- 372.
- Wright, D. y Welbourn, P. 1994. Cadmium in the aquatic environment. *Rev. Environ.*, 2: 187-214.

## APÉNDICE

Apéndice 1. Concentración promedio de los metales Cu, Zn, Cd, Pb y Ni ( $\mu\text{g/g}$  de masa seca) en *A. notabilis* colectadas en la localidad de Guayacán, Península de Araya, estado Sucre, Venezuela, durante los meses de noviembre 2006, mayo y agosto 2007, febrero 2008 ( $X \pm \text{DE}$ ).

Metales					
Meses	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni
Noviembre-06	1,44 $\pm$ 0,34	25,06 $\pm$ 5,78	32,45 $\pm$ 10,17	0,73 $\pm$ 0,23	0,67 $\pm$ 0,46
Mayo-07	1,65 $\pm$ 0,60	21,67 $\pm$ 5,14	33,35 $\pm$ 11,59	0,75 $\pm$ 0,24	0,63 $\pm$ 0,36
Agosto-07	1,48 $\pm$ 0,50	18,14 $\pm$ 4,46	18,51 $\pm$ 8,98	0,79 $\pm$ 0,23	0,53 $\pm$ 0,26
Febrero-08	1,58 $\pm$ 0,58	22,19 $\pm$ 8,81	30,64 $\pm$ 14,29	0,37 $\pm$ 0,36	0,26 $\pm$ 0,26
K-w	2,44 NS	13,99**	26,71***	20,21***	21,77***
P-valor	4,85x10 <sup>-1</sup>	2,91x10 <sup>-3</sup>	6,7x10 <sup>-6</sup>	1,54x10 <sup>-4</sup>	7,27x10 <sup>-5</sup>

# **HOJA DE METADATOS**

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/5

<b>Título</b>	Variación temporal de metales pesados (Ni, Cd, Pb, Cu y Zn) en <i>Anadara notabilis</i> de la localidad de guayacán, Península de Araya, estado sucre, Venezuela
<b>Subtítulo</b>	

### Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
<b>Cabrera R. Merys C.</b>	<b>CVLAC</b>	<b>15.933.007</b>
	<b>e-mail</b>	meryscabrera@gmail.com
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	

### Palabras o frases claves:

Contaminación
Metales pesados
<i>Anadara notabilis</i>

# Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/5

## Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias	Biología

### Resumen (abstract):

Con el objetivo de evaluar las variaciones temporales de los niveles de Cu, Zn, Cd, Pb y Ni en *Anadara notabilis* y la influencia de los parámetros físico-químicos en la acumulación de estos metales, se realizaron muestreos durante los meses de noviembre 2006, mayo y agosto 2007 y febrero 2008 en la localidad de Guayacán, Península de Araya, estado Sucre. Los metales se analizaron a través de espectrofotometría de absorción atómica utilizando material de referencia certificado. La temperatura, oxígeno disuelto, pH y salinidad del agua fueron analizados a través de la utilización de equipos de campo; la evaluación de nitrito, amonio y clorofila a fue realizada a través de espectrofotometría visible. Los niveles de Cu no mostraron diferencias estadísticas significativas durante los meses de análisis (KW=2,44 NS;  $p > 0,05$ ), sin embargo, los niveles de Zn (Kw=13,99\*\*;  $p < 0,01$ ), Cd (Kw=26,72\*\*\*;  $p < 0,001$ ), Pb (Kw=20,21\*\*\*;  $p < 0,001$ ) y Ni (Kw=21,77\*\*\*;  $p < 0,001$ ) presentaron diferencias altamente significativas durante los periodos muestreados. Las mayores concentraciones de Zn y Cd fueron observadas durante los meses de nov-06, mayo-07 y febrero-08 ambos con un patrón de variación temporal similar, siendo el mes de agos-07 donde se observó los bajos niveles de estos elementos, el cual se corresponde a un periodo de calma caracterizado por una baja productividad. Las mayores concentraciones de Pb y Ni se evidenciaron durante nov-06, may y agos-07 a diferencia del mes de feb-08 donde se observaron bajos niveles de estos elementos ( $0,36 \pm 0,55$  y  $0,26 \pm 0,19$   $\mu\text{g/g}$  de masa seca respectivamente). Este último se corresponde a un periodo de afloramiento característico en nuestras costas con una disminución en la temperatura, en el pH, oxígeno disuelto y un aumento en los niveles de clorofila a. Estas variaciones pudieran estar relacionadas directamente a los cambios de los factores ambientales ocurridas durante el tiempo de muestreo, factores que de alguna manera afectan la biodisponibilidad de estos elementos metálicos y por ende en su captación. En el caso particular del Cu, debido a la reducida variabilidad temporal observada en los tejidos blandos de *A. notabilis* alejan las opciones de considerarlo como biosensor de contaminación por cobre en nuestras costas. Cabe destacar, que los metales analizados en el tejido de *A. notabilis* se acumularon en el siguiente orden: Cd>Zn>Cu>Pb>Ni, siendo el cadmio el elemento que superó los límites permisibles para el consumo humano ( $28,73 \pm 2,33$   $\mu\text{g/g}$  de peso seco), según lo establecido por la FDA y COVENIN, lo que indica un alto grado de biodisponibilidad de este metal y la posible existencia de una fuente de contaminación en esta zona.

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/5

### Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Lemus Barrios Mairin	ROL	C <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> J <input type="checkbox"/>
	CVLA C	6.429.405
	e-mail	mlemus@sucre.udo.edu.ve
	e-mail	
Velásquez Bertha	ROL	C <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLA C	
	e-mail	
	e-mail	
Zapata Edgar	ROL	C <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLA C	
	e-mail	
	e-mail	

### Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

2009	12	18
------	----	----

Lenguaje: spa

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/5

**chivo(s):**

<b>Nombre de archivo</b>	<b>Tipo MIME</b>
Tesis-cabreram.doc	Application/Word

**Alcance:**

**Espacial:** Regional

**Temporal:** Temporal

**Título o Grado asociado con el trabajo:** Licenciatura en Biología

**Nivel Asociado con el Trabajo:** Licenciado

**Área de Estudio:** Biología

**Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:** Universidad de Oriente

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/5

**Derechos:**

Yo, Merys Cabrera autorizo publicar el texto completo de este trabajo de grado sin la opción de copiar y pegar, es decir, solo para lectura.

  
**Merys Cabrera**  
**AUTOR**

  
**Mairin Lemus**  
**TUTOR**

  
**Bertha Velásquez**  
**JURADO 1**

  
**Edgar Zapata**  
**JURADO 2**

**POR LA SUBCOMISIÓN DE TESTES:**