



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

VARIACIÓN ESTACIONAL DE Cu, Cd, Cr, Pb, Ni Y Zn EN *Arca zebra*  
(MOLLUSCA: BIVALVIA) DE LA ISLA CARIBE, ESTADO SUCRE,  
VENEZUELA  
(Modalidad: Investigación)

ARLIS ÁGATA ACAGUA

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

CUMANÁ, 2008

VARIACIÓN ESTACIONAL DE Cu, Cd, Cr, Pb, Ni Y Zn EN *Arca zebra*  
(MOLLUSCA: BIVALVIA) DE LA ISLA CARIBE, ESTADO SUCRE,  
VENEZUELA

APROBADO POR:

---

Dra. Mairin Lemus  
Asesora

---

Jurado

---

Jurado

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
LISTA DE TABLAS .....	iv
LISTA DE FIGURAS .....	v
RESUMEN .....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
METODOLOGÍA.....	6
Captura de organismos.....	6
Determinación de los parámetros.....	7
Preparación de las muestras .....	9
Metales.....	9
Análisis estadístico.....	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	11
Parámetros Físico-Químicos .....	11
Metales.....	12
Cadmio.....	12
Cobre.....	14
Zinc .....	16
Cromo .....	18
Níquel .....	20
Plomo.....	21
CONCLUSIONES.....	29
RECOMENDACIÓN .....	30
BIBLIOGRAFÍA .....	31
APÉNDICE.....	41

## DEDICATORIA

A Dios: sobre todas las cosas, por bendecirme y guiarme en todos mis pasos y momentos de mi vida para de esta manera poder hacer esta meta una realidad.

A mi madre Emilis Acagua: por ser madre y padre a la vez, y gracias a su amor, comprensión, esfuerzo, dedicación y trabajo pudo levantarme e impulsarme a seguir adelante para poder realizarme como profesional.

A mi hermano Víctor Acagua: que siempre me apoya y me quiere mucho.

A mi esposo Carlos Alvarado: por su amor, comprensión y apoyo incondicional desde que nos conocemos.

A Alexis Urbina: que siempre me ha ayudado y apoyado como un padre.

A mi abuela Juana Acagua y a mi tía Raici Figueroa: por el amor y comprensión que cada día me brindan.

A todos mis demás familiares y amigos que siempre estuvieron conmigo en todo momento y fueron y son un gran apoyo en mi vida.

A todos, los quiero mucho...

*“Es conveniente mirar hacia el pasado, para sentirnos agradecidos por el presente y tener mejores perspectivas para el futuro”*

## AGRADECIMIENTO

A mi asesora académica la Dra. Mairin Lemus, por su asesoramiento, amistad, apoyo incondicional y dedicación para poder realizar este trabajo de investigación.

Al Lic. Aulo Aponte, por su apoyo, contribución y ayuda en este trabajo.

A los técnico Ángel Antón y Edymir Parra, por su ayuda y colaboración.

A los profesores: Oscar Chinchilla y Yelitza Mago, por su gran amistad y ayuda en mi formación como profesional y además de sus valiosas sugerencias y consejos en los momentos más necesitados.

A todo el Departamento de Biología, que en parte hizo posible esta realidad.

Al Centro de Investigaciones Ecológicas de Guayacán (CIEG) de la Universidad de Oriente del Núcleo de Sucre, por permitirme el alojamiento y utilización de sus laboratorios y equipos.

Al Instituto Oceanográfico de la Universidad de Oriente, por permitirme la utilización de algunos equipos necesarios para este trabajo de investigación.

A mi amiga Lourdes Cardozo, por su gran amistad, apoyo y comprensión, con quien compartí los mejores momentos de mi carrera.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en la realización de este trabajo.

*A todos, muchas gracias...*

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de concentraciones medias de metales trazas ( $\mu\text{g/g}$  peso seco) entre muestras de control certificadas, LUST-1 de la National Research de Council Canadá y lo obtenido en este trabajo, (media  $\pm$  desviación estándar). ..... 10

Tabla 2. Promedios de los parámetros físico-químicos del agua de mar de la Isla Caribe, Guayacán, estado Sucre, Venezuela, durante los meses de octubre y noviembre de 2006 (no surgencia) y febrero y abril de 2007 (surgencia),  $X \pm \text{DE}$ .... 11

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de muestreo de los ejemplares de <i>A. zebra</i> en la Isla Caribe, estado Sucre, Venezuela.....	6
Figura 2. Variación estacional de la concentración de Cd ( $\mu\text{g/g}$ peso seco) en muestras de Arca zebra obtenidas de la Isla Caribe, Guayacán, estado Sucre.....	12
Figura 3. Variación estacional de la concentración de Cu ( $\mu\text{g/g}$ . peso seco) en muestras de <i>Arca zebra</i> obtenidas de la Isla Caribe, Guayacán, estado Sucre. ....	15
Figura 4. Variación estacional de la concentración de Zn ( $\mu\text{g/g}$ . peso seco) en muestras de <i>Arca zebra</i> obtenidas de la Isla Caribe, Guayacán, estado Sucre. ....	17
Figura 5. Variación estacional de la concentración de Cr ( $\mu\text{g/g}$ peso seco) en muestras de <i>Arca zebra</i> obtenidas de la Isla Caribe, Guayacán, estado Sucre.....	18
Figura 6. Variación estacional de la concentración de Ni ( $\mu\text{g/g}$ . peso seco) en muestras de Arca zebra obtenidas de la Isla Caribe, Guayacán, estado Sucre.....	20
Figura 7. Variación estacional de la concentración de Pb ( $\mu\text{g/g}$ . peso seco) en muestras de Arca zebra obtenidas de la Isla Caribe, Guayacán, estado Sucre.....	22
Figura 8. Análisis de regresión para la concentración de Cd, Cr, Cu, Pb, Ni y Zn ( $\mu\text{g/g}$ ) y la longitud (mm) en muestras de <i>A. zebra</i> de la Isla Caribe, estado Sucre, Venezuela.....	28

## RESUMEN

Se determinó la concentración de Cd, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn en ejemplares de *Arca zebra* de la Isla Caribe, estado Sucre, Venezuela. Para lo cual se efectuaron muestreos durante los meses de agosto y noviembre del 2006, y febrero y mayo del 2007. Además, se evaluaron los parámetros físico-químicos: temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto, nitrito, amonio y clorofila *a*, durante los meses de octubre y noviembre de 2006 y febrero y abril de 2007. Los metales fueron evaluados en el tejido blando seco degradado con ácido nítrico a través de espectrofotometría de absorción atómica, utilizando material de referencia certificado. Los parámetros como el nitrito, amonio y clorofila *a* fueron determinados por espectrofotometría, mientras que la temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto se evaluaron a través de la utilización de equipos de campo. Las concentraciones de los metales estudiados presentaron diferencias altamente significativas durante los meses muestreados, donde la mayor concentración de Cd, Cu y Zn se observó durante el mes de agosto, que corresponde al periodo de no surgencia, donde principalmente influyen las escorrentías de ríos cercanos. Mientras que el Cr, Ni y Pb mostraron sus niveles más altos en febrero, asociándose presumiblemente este comportamiento con el fenómeno de surgencia, que remueve contaminantes desde los sedimentos hacia la columna de agua. Todos estos elementos, parecen estar afectados por factores como la temperatura, pH, nitrito, amonio y clorofila *a*, que presentaron variaciones durante la época de no surgencia y surgencia. Sólo los niveles de Cd y Cr excedieron los límites permisibles para el consumo humano según la norma COVENIN y la “Urban Services Department Headquarters” (Departamento Sede de los Servicios Urbanos) de Japón, respectivamente. Las concentraciones de los metales pesados en *A. zebra* son afectados por la talla del organismos, ya que los especímenes de menor tamaño presentaron las concentraciones más elevadas de los metales, en especial el Cu y Zn. Los valores de Cd y Cr encontrados por encima de los límites permisibles proporcionan información sobre la posible existencia de fuentes de contaminación en la Isla Caribe, lo que indica un grado de peligrosidad para los consumidores, en especial para los humanos.

## INTRODUCCIÓN

Las actividades económicas son parte esencial de la existencia de las sociedades, ellas permiten la producción de riquezas, generando los bienes y servicios que garantizan el bienestar social. Estas actividades son cada día más complejas y requieren del uso de tecnologías más avanzadas, con el objeto de mantener la productividad competitiva en un mercado cada vez más exigente. En la actualidad, muchas actividades económicas son fuente permanente de contaminación en diversos ambientes de la corteza terrestre. Por tal razón hoy día, existe extensa contaminación en casi todos los ambientes de la corteza terrestre. Dentro de los ecosistemas más afectados se encuentra el medio acuático, capaz de albergar una amplia gama de organismos, donde los contaminantes pueden tener efectos adversos, ya que logran ser distribuidos a través de la cadena trófica hasta los organismos superiores (Goldberg, 1992; Rees, 1993; Taylor, 1993).

Además de las fuentes antropogénicas (desechos industriales, agrícolas y domésticos), también existen factores intrínsecos capaces de hacer variar las concentraciones de los metales. Se ha demostrado en diversos estudios de organismos marinos como ostras, camarones y peces, que las variaciones de los metales están relacionadas a un gran número de factores intrínsecos, como la talla, sexo, cambios en la composición de tejidos y en el ciclo reproductivo, la edad y hábito alimentario (Soto *et al.*, 1995; Frías-Espericueta *et al.*, 1999; Otchere, 2003; Çoğun *et al.*, 2005; Türkmen y Türkmen, 2005). Por otra parte, en relación a los factores extrínsecos, se encuentran parámetros físico-químicos del ambiente acuático como las bajas concentraciones de oxígeno disuelto, fluctuaciones de temperatura, elevada carga de metal en el sedimento, salinidad, biodisponibilidad de químicos (metales) en el alimento y en el agua debido a las altas precipitaciones y pH, entre otros (Soto *et al.*, 1995; Otchere, 2003; Çoğun *et al.*, 2005; Türkmen y Türkmen, 2005). Wang *et al.* (1996) menciona que la salinidad tiene un efecto negativo sobre la acumulación de

metales, aunque este efecto depende de la especie; señalando, además, que la presencia de partículas coloidales pueden aumentar la concentración de metales en fase particulada, lo que favorece la incorporación de los mismos en los bivalvos. La temperatura es, quizás, uno de los factores más determinantes, ya que controla el grado del metabolismo y desarrollo de los organismos e, inclusive, puede alterar otros factores ambientales como el pH. La temperatura puede actuar como un agente letal y los contaminantes químicos pueden alterar sus límites letales térmicos. Así, las variaciones de la temperatura pueden hacer a un determinado metal más o menos tóxico (Lemus, 1992).

En los últimos años, se han llevado a cabo muchas investigaciones sobre la contaminación en el medio marino; donde numerosas especies han sido objeto de estudios relacionados con el impacto ambiental producido por la presencia de diversos contaminantes en especial los metales pesados, los cuales pueden afectar tanto la fisiología como la adaptabilidad de los organismos que allí habitan. Por lo tanto, los efectos biológicos y toxicológicos en ecosistemas marino-costeros se han convertido en el centro de atención de un sinnúmero de investigaciones referidas a tal fin (Ferreira *et al.*, 2004).

Los estudios de impacto ambiental por metales pesados en el medio marino tienen el propósito de conocer el estado actual de los ecosistemas costeros. De allí que está bien documentado el uso de moluscos como bioindicadores de contaminantes presentes en el ambiente, esto ha sido de gran interés para muchos científicos, estudios que han venido incrementando debido a la extensa contaminación que presentan hoy día los ambientes acuáticos (Bel'cheva *et al.*, 2002).

En diferentes especies de moluscos se han determinado grandes concentraciones de algunos metales, aún en especímenes muy pequeños.

Especialmente los bivalvos han sido utilizados principalmente debido a su carácter sésil, filtrador y abundancia en el área de estudio, además de su capacidad de adaptación a las condiciones ambientales de contaminación, que los condicionan como especies bioindicadoras empleadas en programas de monitoreo ambiental (Acosta y Lodeiros, 2003).

Dentro de las especies idóneas para el biomonitoreo se encuentra la pepitona *Arca zebra*, el cual es un bivalvo que pertenece al phylum *Mollusca* y a la familia *Arcidae*, conocida vulgarmente como “pepitona” o “pata de cabra”, cuyo tamaño oscila entre 50-80 mm, con una concha subrectangular blanca-marrón y presenta de 24-30 costillas radiales; normalmente, el periostraco es veloso y soporta muchos epibiontes lo que dificulta las medidas morfométricas. Además, esta especie es filtradora y común sobre rocas formando densos bancos en aguas someras hasta 20 m de profundidad (Lodeiros *et al.*, 1999), se distribuye desde la costa del Golfo de México y sur de Florida hasta el norte de Brasil y Venezuela. En Venezuela, este molusco forma bancos de importancia comercial, los cuales se encuentran al este de la Isla de Margarita, de la Isla de Coche, del Morro de Chacopata, de la Península de Araya y costa norte del Golfo de Cariaco (Prieto *et al.*, 2001). Por lo tanto, *A. zebra* es un recurso de considerable importancia económica y alimenticia en la región Nororiental de Venezuela (Prieto *et al.*, 2001).

Por lo general, los organismos cuentan con mecanismos para mantener los equilibrios internos de los metales esenciales y no esenciales para así evitar su intoxicación, sin embargo bajo ciertas condiciones estos mecanismos pueden ser insuficientes y dañan el metabolismo de los organismos y la transmisión de la información genética, por lo tanto afectan el crecimiento de las poblaciones, así como la estructura y función de los ecosistemas mediante la alteración de las comunidades y los flujos de materia y energía (Perin *et al.*, 1997; Anandraj *et al.*, 2002).

Los metales pesados pertenecen a un grupo de elementos con características químicas semejantes (estado de oxidación, distribución electrónica, masas atómicas, etc). Estos elementos se encuentran de manera natural en el agua del mar en bajas concentraciones, por lo que son conocidos como oligoelementos o elementos trazas. Algunos de estos metales son considerados esenciales para la vida, ya que tienen como función catalizar reacciones a nivel bioquímico (Ahumada, 1994). Waldichuk (1974) señala que aquellos metales que no poseen funciones fisiológicas reconocidas pueden reemplazar a los esenciales, causando alteraciones en los organismos y esto los convierte en elementos tóxicos.

Los metales esenciales, como el Zn y el Cu, son requeridos por los sistemas biológicos como componentes estructurales y catalíticos de proteínas y enzimas; así como cofactores esenciales para el crecimiento y el desarrollo normal de los organismos. Sin embargo, elementos esenciales como el Cu pueden causar efectos muy dañinos en la biota, si se incrementa su concentración en el ambiente marino (Acosta y Lodeiros, 2004). En exceso, estos micronutrientes y otros metales pesados relacionados, como el Cd, Cr, Pb y Ni, que son no esenciales para los organismos, pueden ser extremadamente tóxicos para las células, porque pueden causar enfermedades. Los efectos tóxicos de los metales no esenciales, posiblemente, sean causados por la tendencia que tienen de competir eficientemente por los ligandos específicos de los cationes esenciales dentro de la célula y así sustituirlos, o porque estos elementos son eliminados sólo en forma parcial por los organismos, por lo que si la ingestión continua por largos periodos, podría ocasionar una elevada acumulación y como consecuencia se manifiesten efectos tóxicos graves (Reyes, 1999).

Los metales considerados como tóxicos a la mayor parte de los organismos marinos comúnmente están presentes en los ecosistemas, debido a la presencia de industrias en áreas cercanas a las costas, provenientes de procesos químicos. También

se puede mencionar la presencia de embarcaciones y las corrientes de los ríos cercanos, que traen consigo los metales (Chung, 1978). Lamentablemente, la contaminación ecológica por metales o impacto ambiental, sólo puede manifestarse después de ser absorbidos y acumulados por los organismos presentes en el medio (Shulkin *et al.*, 2002).

La bioacumulación de metales en los organismos implica procesos más complejos que la acumulación de sustancia hidrófobas. Pero en general, se destacan la absorción, ingestión, asimilación, distribución, transformación y eliminación. La biodisponibilidad de una sustancia está muy relacionada con su afinidad por la membrana plasmática, pues para que una molécula sea retenida debe atravesarla o ligarse a ella. Los metales en el ambiente marino predominan en forma de complejos como, por ejemplo, los hidróxidos, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos, fluoruros y cloruros. Las vías de entrada de contaminantes en los moluscos varían principalmente en función de su alimento y el hábitat. Muchos bivalvos bioacumulan metales dependiendo de su tasa de filtración; así, especies con mayores tasas de filtración acumulan mayores cantidades de metales (Wang, 2001).

En *A. zebra*, se han hecho estudios sobre su crecimiento y fijación en el área de Pariche (Acuña, 1977; Prieto y Saint-Aubyn, 1998); maduración gonadal (Nakal y Prieto, 1984); producción específica (Saint-Aubyn *et al.*, 1999); producción secundaria e índice de condición en el Golfo de Cariaco (Prieto *et al.*, 2001), sobre su diversidad malacológica en Chacopata (Prieto *et al.*, 2001), entre otros. Los trabajos realizados en relación con los metales pesados son escasos en esta especie lo cual es de gran interés, ya que tiene una gran importancia económica, por ser una de las principales fuentes alimenticias de la región nororiental de Venezuela, por lo tanto, el presente estudio se realizó con la finalidad de evaluar la variación estacional de Cu, Cd, Cr, Pb, Ni y Zn en *A. zebra* de la Isla Caribe, estado Sucre, Venezuela.

## METODOLOGÍA

### Área de estudio

Los ejemplares de *A. zebra* fueron colectados en las cercanías de la localidad de Guayacán en la Isla Caribe, al norte de la Península de Araya, estado Sucre, entre los  $63^{\circ} 50' 30'' - 63^{\circ} 51' 13''$  N y los  $10^{\circ} 41' 32'' - 10^{\circ} 41' 49''$  O, las coordenadas específicas de captura de los organismos, fueron  $63^{\circ} 50' 37''$  N y  $10^{\circ} 41' 40''$  O (Fig. 1). Esta Isla se caracteriza por tener un fondo rocoso y una escasa actividad antropogénica.

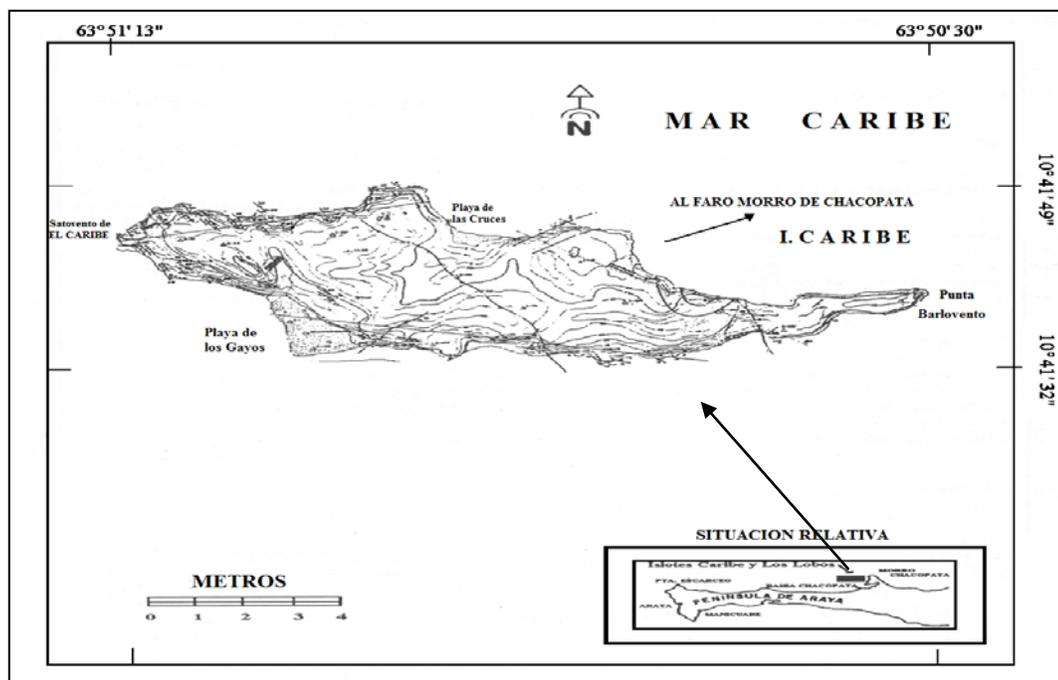


Figura 1. Área de muestreo de los ejemplares de *A. zebra* en la Isla Caribe, estado Sucre, Venezuela.

### Captura de organismos

Para la captura de los organismos se realizaron cuatro muestreos

correspondientes a los meses de agosto y noviembre de 2006 (no surgencia o calma) y febrero y mayo de 2007 (surgencia). Los organismos fueron colectados a través de buceo autónomo a una profundidad que oscilaba entre 2-4 m, con un total de 24 ejemplares por muestreo. Una vez colectados se colocaron en bolsas plásticas para ser transportadas al laboratorio de Ecotoxicología del Centro de Investigaciones Ecológicas de Guayacán (CIEG) para la preparación de las muestras.

### **Determinación de los parámetros**

#### Temperatura, Oxígeno disuelto, pH y Salinidad

Estos parámetros se determinaron durante los meses de octubre y noviembre de 2006 (no surgencia o calma) y febrero y abril de 2007 (surgencia), es importante señalar que las muestras para determinar estos parámetros no se pudieron obtener al inicio de las capturas de los organismos (agosto), por esa razón se trato de cubrir el mismo periodo de no surgencia y surgencia. La temperatura fue medida con un termómetro ambiental y el oxígeno disuelto con un oxigenómetro de campo, ambos equipos de marca YSI. El pH fue determinado con un pHmetro de campo Jenway Modelo 3071. Para la salinidad se utilizó un refractómetro de mano American Optical de lectura directa en el campo.

Para analizar el nitrito, nitrato, amonio y clorofila *a* se recolectaron las muestras superficiales de agua de mar utilizando frascos de vidrio, los cuales fueron lavados con agua destilada y enjuagados previamente con el agua de mar antes de tomar la muestra final.

#### Nitrito

Para este parámetro se siguió la metodología propuesta por Bendschneider y

Robinson (1952), donde se tomaron 50 ml de la muestra con un cilindro graduado y se agregaron en un erlenmeyer de 100 ml, añadiéndole, seguidamente, 1 ml de la solución de sulfanilamida, mezclándose y dejándose en reposo de 2 a 8 minutos, luego, se agregó 1 ml de la solución de N-naftil-etilendiamina. Se dejó reposar 10 minutos y finalmente se midió la absorbancia en un espectrofotómetro Thermo Spectronic, modelo Genesis™ 8, a una longitud de onda de 543 nm.

#### Amonio

En el laboratorio se siguió el método propuesto por Koroleff (1969), donde se tomó con un cilindro graduado 100 ml de la muestra y se agregaron en un erlenmeyer con 3 ml de la solución fenol-nitroprusiato, fue tapada y agitada, rápidamente se agregaron 3 ml de solución alcalina de hipoclorito y fue puesta en reposo de 6 a 8 horas a temperatura ambiente. A continuación se, procedió a medir la absorbancia a una longitud de onda de 360 nm en un espectrofotómetro Thermo Spectronic, modelo Genesis™ 8. Las concentraciones son expresadas en  $\mu\text{mol/l}$ .

#### Clorofila *a*

Una vez con la muestra en el laboratorio, esta fue filtrada con membranas filtrantes en fibra de vidrio Whatman GF/C. Se colocó la membrana sobre un soporte de filtros y se le aplicó vacío. El embudo de filtración fue lavado con un poco de agua de mar filtrada natural para reunir todas las partículas sobre el filtro. Seguidamente, los tubos con el extracto pigmentario fueron tapados con papel aluminio para evitar el contacto con la luz. Posteriormente, se introdujo el filtro en un tubo de centrifugación y se le añadió 10 ml de acetona 90%, luego se rompió el filtro con una barra de vidrio, se tapó y agitó. Seguidamente, se dejó que la extracción continuara durante dos horas en la oscuridad y en el refrigerador. En seguida, se saco y dejo a

temperatura ambiente, para ser centrifugada durante 1 min a 4000 rpm, se retiraron los tubos de la centrifugadora y se hizo caer las fibras de vidrios adheridas a la pared con movimientos agitadores. Luego se centrifugó nuevamente durante 5 min de 3000 a 4000 rpm. Finalmente, se tomó el sobrenadante y se le determinó la absorbancia en un espectrofotómetro Thermo Spectronic, modelo Genesis™ 8, a longitudes de ondas de 665 y 750 nm, según la metodología de UNESCO (1966).

### **Preparación de las muestras**

En el laboratorio, cada ejemplar de *A. zebra* fue limpiado para eliminar los epibiontes u otra materia adherida a las valvas, se le tomaron las medidas morfométricas correspondientes con un vernier digital Neico-USA. Seguidamente se les extrajo la masa húmeda abriendo las valvas con un cuchillo plástico fuerte, las cuales fueron lavadas con agua desionizada y buffer de EDTA (pH=7,5); rápidamente, se colocaron en envases plásticos lavados con HCl diluido, pesados e identificados, para calcular así la masa húmeda del tejido; luego fueron colocadas en la estufa a 60°C por 48 horas. Posteriormente, se les determinó la masa seca a cada muestra. A continuación las muestras fueron conservadas hasta que se llevaron al Laboratorio de Ecofisiología de la Universidad de Oriente (Sucre), donde se realizó la digestión ácida para la cuantificación de los metales.

### **Metales**

La concentración de los metales fueron calculadas después de digerir las muestras secas en ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) concentrado, en una proporción 1 g : 3 ml de ácido, todo esto en una campana de extracción. La digestión se mantuvo por 24 horas, posteriormente las muestras fueron colocadas en baño de agua caliente a una temperatura de 60°C, por 1 hora. Seguidamente se filtraron con papel Whatman N° 5 y se recolectaron en un balón aforado, luego fueron completadas con agua

desionizada hasta 25 ml. Para evaluar la calidad de los procedimientos analíticos empleados, se analizaron estándares de referencia de tejidos de hepatopáncreas de langosta, el LUTS-1 de la National Research de Council Canadá (Tabla 1). Finalmente las muestras fueron leídas en un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer, modelo 3110, llama de aire-acetileno y lámpara correctora de deuterio, a una longitud de onda específica para cada metal. Cuando las concentraciones estuvieron elevadas se realizaron diluciones.

Tabla 1. Comparación de concentraciones medias de metales trazas ( $\mu\text{g/g}$  peso seco) entre muestras de control certificadas, LUST-1 de la National Research de Council Canadá y lo obtenido en este trabajo, (media  $\pm$  desviación estándar).

	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
LUTS-1 (teóricos)	14,2 $\pm$ 1	34,7 $\pm$ 5,5	107 $\pm$ 8	1,34 $\pm$ 0,26	0,069 $\pm$ 0,011	82,9 $\pm$ 5,4
LUTS-1 (experimental)	14,56 $\pm$ 0,23	35,33 $\pm$ 1,96	107,46 $\pm$ 9,61	1,33 $\pm$ 0,25	0,063 $\pm$ 0,011	79,89 $\pm$ 6,10
%Recuperación	103	101	100	99	91	96

### **Análisis estadístico**

A los datos obtenidos, se les realizó un test de ANOVA no paramétrico por el método de Kruskal-Wallis, con el fin de determinar si existían diferencias entre las concentraciones de los metales estudiados y los meses muestreados para *A. zebra*. Los resultados que mostraron diferencias estadísticas, se les aplicó una prueba de contraste múltiple. Además se utilizó un análisis de regresión para relacionar la talla y las concentraciones de los metales en *A. zebra*. Para todos estos análisis se utilizó el programa computarizado STATGRAPHICS Plus 5.1.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Parámetros Físico-Químicos

Según los valores promedios obtenidos para los periodos de no surgencia y surgencia que se muestran en la Tabla 2, se puede observar que existe variación para la mayoría de los parámetros físico-químicos determinados durante los meses de muestreo para este estudio.

Tabla 2. Promedios de los parámetros físico-químicos del agua de mar de la Isla Caribe, Guayacán, estado Sucre, Venezuela, durante los meses de octubre y noviembre de 2006 (no surgencia) y febrero y abril de 2007 (surgencia),  $\bar{X} \pm DE$ .

Meses	Octubre y Noviembre-06 (No surgencia)	Febrero y Abril-07 (Surgencia)
Parámetros		
Nitrito ( $\mu\text{mol/l}$ )	$0,04 \pm 0,01$	$0,97 \pm 0,46$
Amonio ( $\mu\text{mol /l}$ )	$1,27 \pm 0,91$	$0,81 \pm 0,69$
pH	$7,39 \pm 0,90$	$8,28 \pm 0,04$
Salinidad ( $\text{‰}$ )	$40,50 \pm 0,71$	$39,50 \pm 0,71$
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	$26,90 \pm 1,56$	$23,05 \pm 0,64$
Oxígeno disuelto ( $\text{ml/l}$ )	$5,72 \pm 0,00$	$3,97 \pm 1,46$
Clorofila <i>a</i> ( $\mu\text{g/l}$ )	$1,07 \pm 1,51$	$4,98 \pm 4,03$

Durante los meses de octubre y febrero de 2006 hubo una disminución en el nitrito, el pH y la clorofila, con aumento del amonio, la temperatura y el oxígeno disuelto, que caracteriza el periodo de no surgencia o de calma, donde hay una baja actividad biótica. Mientras que en febrero y abril de 2007 se puede evidenciar un aumento del nitrito, del pH y la clorofila *a*, con una disminución del amonio, la temperatura y el oxígeno disuelto, característico de la época de surgencia, donde hay una alta actividad biótica causado por un afloramiento de los nutrientes, debido al movimiento de masas de agua durante la surgencia. Así mismo lo señalan Gómez *et al.* (2006) y González *et al.* (2006).

## Metales

### Cadmio

Durante la evaluación del contenido de Cd en ejemplares de *A. zebra* provenientes de la Isla Caribe se evidenciaron diferencias altamente significativas (KW=39,80;  $p < 0,001$ ) durante los meses muestreados, a través de la prueba a *posteriori* de contraste múltiple se formaron 2 subgrupos: el primero representado por los meses de noviembre, febrero y mayo, el segundo por el mes de agosto-06, que es donde se evidencia la máxima concentración de cadmio ( $22,49 \pm 15,94$ )  $\mu\text{g/g}$ . Los valores más bajos se encontraron en el resto de los meses analizados comprendidos entre 9,40 y 6,09  $\mu\text{g/g}$ , y sus desviaciones estándares respectivas de 3,94 y 6,01 (Figura 2).

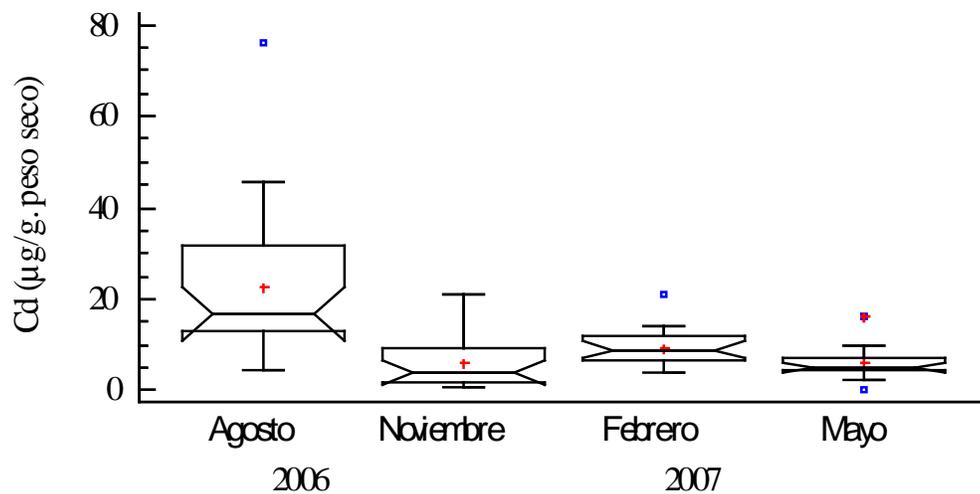


Figura 2. Variación estacional de la concentración de Cd ( $\mu\text{g/g}$  peso seco) en muestras de Arca zebra obtenidas de la Isla Caribe, Guayacán, estado Sucre.

Los elevados niveles de cadmio observados en el mes de agosto, pueden estar asociados a las escorrentías de ríos cercanos (Orinoco y Caroní), ya que de esta forma puede llegar este metal y otros contaminantes a las zonas costeras. Se conoce que los

ríos son la principal vía de transporte de los contaminantes hacia el medio marino, con efectos más marcados en la época de lluvia, influenciado además por el flujo de las corrientes que van en dirección hacia la costa norte de Venezuela, lo que facilita la mayor biodisponibilidad de metales en los bivalvos (Gopaul y Wolf 1996; Rojas *et al.*, 2002). Guillén (1982); Mogollón y Bifano (1985) señalan que los bivalvos se encuentran expuestos al material sedimentario provenientes de ríos que vierten a las costas el material acarreado a lo largo de su cuenca, aportando una gran cantidad de metales principalmente durante la época de lluvia, que son productos de las descargas industriales, baterías dañadas y desechadas, galvanizados, industrias de electroplásticos, pigmentos de pinturas, los cuales pueden ser adsorbidos en las partículas en suspensión y en los sedimentos. Además, la presencia de embarcaciones en su mayoría con motores fuera de borda también podría hacer variar las concentraciones de este elemento en el agua del mar (Moore y Ramammothy, 1984; Senior, 1994).

Los incrementos en los valores de Cd en *A. zebra*, alternativamente puede estar asociado con cambios en la tasa de filtración (alimentación), la talla, edad y sexo del organismo, porque según ciertas investigaciones el Cd acumulado en herbívoros como *Laternula elliptica* puede haber sido captado vía alimentación (Ahn, 2001). Phillips y Rainbow (1993) indicaron que especies del genero *Mytilus* acumulan metales en concentraciones considerablemente superiores a las encontradas en el ambiente. En este aspecto Wright y Zamuda (1987) señalan que existe una relación entre la concentración de los metales en los organismos marinos que utilizan tejidos branquiales como su mayor ruta de captación de nutrientes, como ocurre en los organismos bentónicos marinos.

Los valores de cadmio encontrados en *A. zebra* son elevados si se compara con 0,1 µg/g y 5 µg/g de concentración máxima permisible para el consumo humano establecido por la norma COVENIN (1994) y la FDA (1993), respectivamente. Así

mismo son superiores a los señalados para otros bivalvos de la región nor-oriental, tal es el caso de *Perna viridis* y *Crassostrea virginica* en la zona de Güiria, que presentaron concentraciones entre 0,05 y 0,08  $\mu\text{g/g}$  de peso seco, respectivamente (Rojas *et al.*, 2002). Segura (2006) determinó Cd en varias especies de camarones y bivalvos donde se encuentra *A. zebra* con valores de 0,33  $\mu\text{g/g}$ , es importante señalar que las especies utilizadas por este investigador fueron obtenidas de mercados, no directamente del campo, lo que pudo haber influenciado en una mayor contaminación por algunos metales. Aunque son valores que pasan los límites permisibles, no son tan altos como los encontrados en la especie en estudio, indicando esto posibles fuentes de contaminación. Por otro lado Gómez (1998) señala que *Lima scabra* proveniente de la ensenada de Turpialito presentó una concentración de Cd entre 24,5 y 45,0  $\mu\text{g/g}$  de peso seco, mientras que organismos de esta misma especie provenientes de la Isla Cubagua presentaron valores comprendidos entre 0,20 y 5,14  $\mu\text{g/g}$  de peso seco (Martins, 2004).

## Cobre

Durante la evaluación del contenido de cobre en los meses muestreados se encontraron diferencias altamente significativas (KW=34,04;  $p < 0,001$ ), formándose 2 subgrupos iguales a los del metal cadmio: el primero representado por los meses de noviembre, febrero y mayo, el segundo por el mes de agosto. Este elemento presentó la máxima concentración ( $3,35 \pm 2,72$ )  $\mu\text{g/g}$  en el mes de agosto-06 y los valores más bajos se presentaron en el resto de los meses analizados, con valores promedios comprendidos entre 1,63 y 0,91  $\mu\text{g/g}$ , con sus desviaciones estándares respectivas de 0,38 y 0,48, (Figura 3).

Los altos valores de cobre encontrados en *A. zebra* pueden estar relacionados con la utilidad de este elemento en diversos procesos fisiológicos, puesto que es un metal esencial, ya que durante los meses de julio, agosto y septiembre esta especie se

encuentra en época reproductiva requiriendo así mayores concentraciones de metales esenciales como el Cu (Lista *et al.*, 2006). También es importante señalar que este elemento está presente en los pigmentos respiratorios de moluscos y crustáceos, y forma parte de importantes metaloenzimas tales como la uricasa, citocromo oxidasa, tirosinasa, butiril CoA deshidrogenasa, etc.; además se requiere en la síntesis de hemocianina (Zorrilla, 2003).

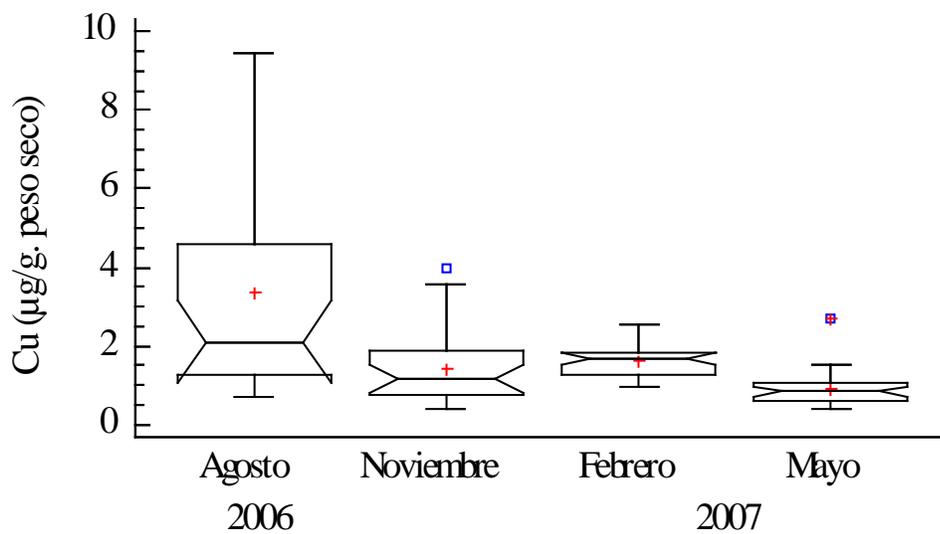


Figura 3. Variación estacional de la concentración de Cu ( $\mu\text{g/g}$ . peso seco) en muestras de *Arca zebra* obtenidas de la Isla Caribe, Guayacán, estado Sucre.

A pesar que el Cu un elemento esencial para los organismos debe mantenerse dentro de ciertos límites de concentración para no causar toxicidad. Según la norama COVENIN (1994) y la FDA (1993) este metal no debe exceder  $10 \mu\text{g/g}$  de peso seco, tal como se encontró en *A. zebra*. Valores muy parecidos a los encontrados en esta especie fueron hallados en *C. rizophorae* en Chacopata y Margarita con valores promedios de  $1,38$  y  $3,28 \mu\text{g/g}$  de peso seco, respectivamente, aunque en la zona de Güiría se encontraron valores promedios más altos de  $36,11 \mu\text{g/g}$  en la especie *C. virginica*. Además en *Perna viridis* en las zonas de Chacopata y Güiría se hallaron

valores de 1,55 y 3,43  $\mu\text{g/g}$ , respectivamente (Rojas *et al.*, 2002). Aunque en otras latitudes se han encontrado concentraciones más elevadas en la especie *T. dombeii* con promedios de 7,6 hasta 8,5  $\mu\text{g/g}$  en la Bahía de San Vicente de Chile, caracterizada por presentar contaminación (Ahumada, 1994). Sin embargo se menciona el trabajo de Gil *et al.* (2006) en una zona no contaminada de la Patagonia argentina donde se encontraron concentraciones de Cu de 13,6  $\mu\text{g/g}$  en *Mytilus edulis*.

## Zinc

Para el Zn se encontraron diferencias altamente significativas durante los meses muestreados (KW=33,37;  $p < 0,001$ ), formándose 3 subgrupos: el primero representado por el mes de noviembre, el segundo por el mes de mayo y el tercero por el mes de agosto, febrero presento solapamiento con los primeros dos subgrupos. Este elemento mostró la máxima concentración ( $44,88 \pm 34,69$ )  $\mu\text{g/g}$  en el mes de agosto-06 y los valores más bajos se presentaron en el resto de los meses analizados, con valores promedios comprendidos entre 24,52 y 11,01  $\mu\text{g/g}$ , con sus desviaciones estándares correspondientes de 6,90 y 9,35, (Figura 4).

Al igual que el Cu, el Zn es un metal esencial para los organismos, ya que es utilizado en diversos procesos fisiológicos, por esa razón podría encontrarse en altas concentraciones en *A. zebra* durante el mes de agosto que abarca la época reproductiva de la especie (Lista *et al.*, 2006). Además el Zn es uno de los elementos de mayor utilidad para los organismos, ya que juega un papel importante en la composición de aproximadamente más de 90 enzimas (anhidrasa carbónica, carboxipeptidasa, etc.) en el metabolismo animal (Carvalho *et al.*, 1993). Se ha mencionado que la principal fuente de captación de este elemento en bivalvos es a través de la alimentación. Ke y Wang (2001) observaron que la incorporación de Zn a través de la alimentación en *Crassostrea rivularis* y *Saccostrea glomerata*, contribuye a más del 50% de la acumulación de este metal.

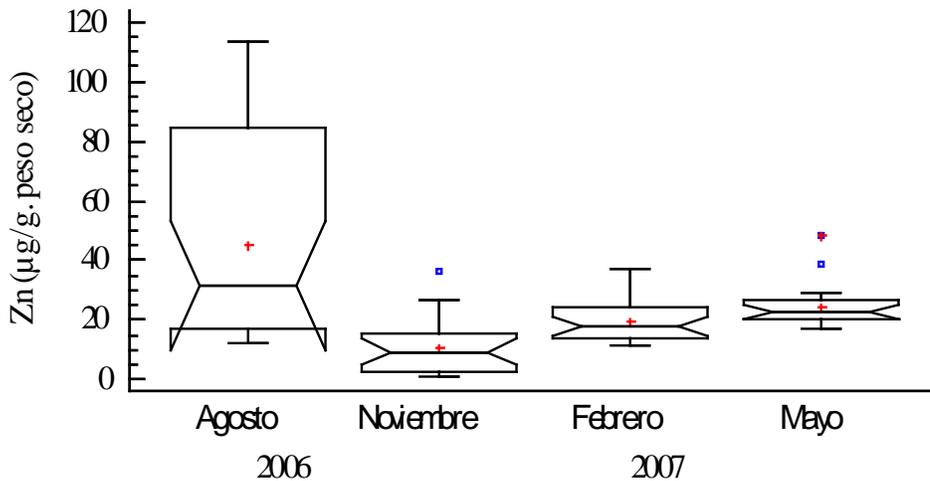


Figura 4. Variación estacional de la concentración de Zn ( $\mu\text{g/g}$ . peso seco) en muestras de *Arca zebra* obtenidas de la Isla Caribe, Guayacán, estado Sucre.

De acuerdo a los valores promedios obtenidos en *A. zebra*, las concentraciones de Zn no supera el valor permisible para el consumo humano, el cual corresponde a  $50 \mu\text{g/g}$  de peso seco según “Brazilian Ministry of Health” (Lima, 1997). En la Zona de Margarita y Chacopata se han encontrado valores entre  $24$  y  $40 \mu\text{g/g}$  respectivamente en *C. rizophorae*. Además se encontró una alta concentración de este metal en *C. virginica* en Güiria y Yaguaraparo de  $776,59$  y  $168,20 \mu\text{g/g}$ , respectivamente, y en *P. viridis* se hallaron concentraciones de  $10,69 \mu\text{g/g}$  en Margarita y  $16,38 \mu\text{g/g}$  en Güiria (Rojas *et al.*, 2002). También se han encontrado valores altos en *Tivela mactroides* de  $380,20 \mu\text{g/g}$  en la zona de Boca de Paparo (Acosta y Lodeiros, 2004). Así mismo encontramos en diferentes zonas de la Patagonia Argentina valores que van desde  $48$  hasta  $214 \mu\text{g/g}$  de peso seco en *Mytilus edulis*, indicando además que estos valores son comparables con los de zonas no contaminadas (Gil *et al.*, 2006). Sin embargo en la Bahía de San Vicente de Chile considerada como zona contaminada, se encontraron valores entre  $180$  y  $210 \mu\text{g/g}$  en *T. dombeii* (Ahumada, 1994).

## Cromo

El cromo también presentó diferencias altamente significativas ( $KW=17,62$ ;  $p < 0,001$ ) durante los meses de muestreo. A través de la prueba a *posteriori* de contraste múltiple se formaron dos subgrupos: el primero representado por el mes de mayo, el segundo formado por los meses de agosto, febrero y noviembre. El cromo presentó la máxima concentración ( $1,52 \pm 1,41$ )  $\mu\text{g/g}$  durante el mes de febrero-07 y los valores más bajos se encontraron en el resto de los meses muestreados, con valores promedios comprendidos entre 1,39 y 0,08  $\mu\text{g/g}$ , con sus desviaciones estándares correspondientes de 1,37 y 0,09 (Figura 5).

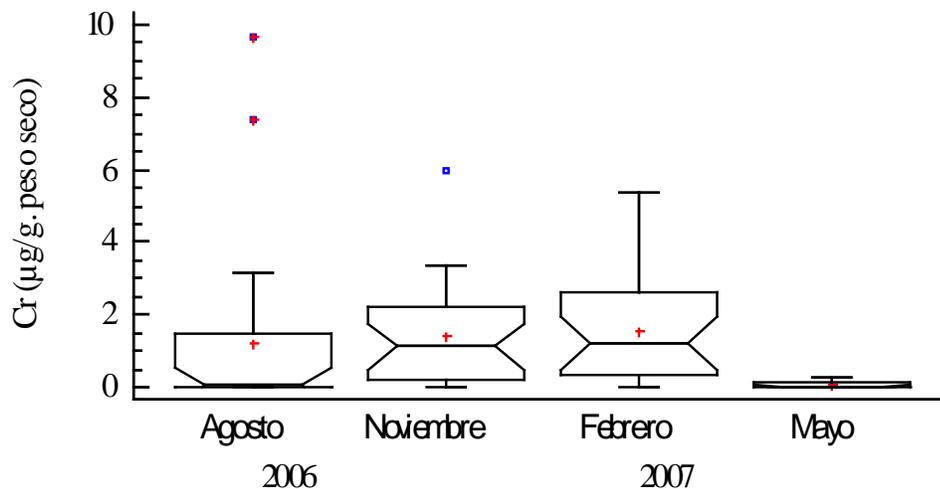


Figura 5. Variación estacional de la concentración de Cr ( $\mu\text{g/g}$  peso seco) en muestras de *Arca zebra* obtenidas de la Isla Caribe, Guayacán, estado Sucre.

La alta concentración de cromo encontrada en el mes de febrero se puede asociar con el movimiento de las masas de aguas que provocan remoción de contaminantes desde los sedimentos hacia zonas costeras durante el periodo de surgencia (Gómez, 1996; Martínez 2002; Astor *et al.*, 2003; Zorrilla 2003; Gomez *et al.*, 2006; Gonzalez *et al.*, 2006). Además, este fenómeno está ligado con las actividades antropogénicas, ya que son la principal fuente de contaminación de Cr de

las aguas naturales a través de los efluentes que provienen de las industrias petroquímicas, abonos, pinturas, fungicidas, ladrillos a prueba de fuego, etc. (Campos, 1987; Sadiq, 1992; Zweig *et al.*, 1999) que se ubican a lo largo del río Caroní y Orinoco los cuales que descargan sus agua al mar Caribe, donde son desplazadas por las corrientes hacia las zonas costeras del estado Sucre.(Gopaul y Wolf 1996). Rojas (2002) señala la importancia de las corrientes sobre la contaminación por metales pesados en bivalvos como *Perna viridis* y *Crassostrea* sp. Una vez que estos contaminantes llegan al ambiente son transportados por las corrientes, los cuales sufren una eficiente sedimentación, que una vez llegada la surgencia hace que asciendan hacia la columna de agua nuevamente.

Los valores de Cr encontrados en *A. zebra* durante el mes de febrero sobrepasan el límite permisible para el consumo humano de 1,0 µg/g según “Urban Services Department Headquarters” (Departamento Sede de los Servicios Urbanos) de Japón (Nauen, 1996), sin embargo, bivalvos como las ostras (*Crassostrea virginica*) pueden tolerar entre 100 y 300 µg/g de Cr (Rosas *et al.*, 1983; Villanueva *et al.*, 1996). Además en la Bahía de Maxwell en la Antártica se han encontrado concentraciones de Cr de 2,1 µg/g de peso seco para *Laternula elliptica* y de 0,5 – 24 µg/g en *Mytilus edulis* (Ahn *et al.*, 1996). Al comparar los valores presentados en esta investigación con los de otros bivalvos de esta región son bastante elevados tal es el caso de *C. rhizophorae* de la zonas de Margarita y Chacopata donde se encontraron valores promedios de menores de 0,02 y 0,08 µg/g de peso seco, respectivamente. Además en *Perna viridis* en la zona de Chacopata y Güiría se encontraron valores de 0,15 y 0,16 µg/g, respectivamente (Rojas *et al.*, 2002). También se han encontrado altas concentraciones (6,65 µg/g) de este metal en *Tivela mactroides*, en la estación de Boca de Paparo (Edo. Miranda), la cual es una zona con alta influencia antropogénica (Acosta y Lodeiros, 2004).

## Níquel

Para el níquel se encontraron diferencias altamente significativas ( $KW=20,59$ ;  $p < 0,001$ ) durante los meses de muestreo. A través de la prueba a *posteriori* de contraste múltiple se formaron 2 subgrupos: el primero representado por el mes de agosto, y el segundo por el resto de los meses. Este elemento presentó la máxima concentración ( $0,55 \pm 0,43$ )  $\mu\text{g/g}$  en el mes de febrero-07 y los valores más bajos se encontraron en el resto de los meses analizados, con valores promedios comprendidos entre 0,48 y 0,18  $\mu\text{g/g}$ , con sus desviaciones estándares correspondientes de 0,35 y 0,36 (Figura 6).

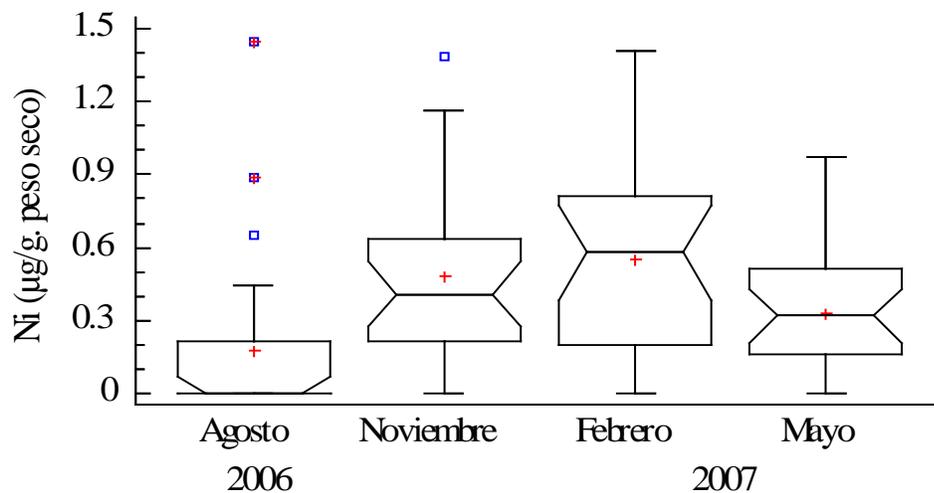


Figura 6. Variación estacional de la concentración de Ni ( $\mu\text{g/g}$ . peso seco) en muestras de Arca zebra obtenidas de la Isla Caribe, Guayacán, estado Sucre.

El níquel presenta sus valores máximos durante el mes de febrero, por lo que puede asociarse esta mayor concentración con el periodo de surgencia, por remoción desde los sedimentos, los cuales probablemente fueron productos del arrastre hacia el ecosistema durante el periodo de lluvia y depositados en el fondo. Estudios como los de Gutiérrez-Galindo *et al.* (1999) y Acosta y Lodeiros (2004) señalan que la liberación del metal al medio está muy ajustada a los picos de surgencia costera, que

se presentan en cada zona.

La concentración promedio máxima de Ni no sobrepasa el límite permisible para el consumo humano, ya que según la FDA (1993) no debe superar de 150  $\mu\text{g/g}$  de peso húmedo en los organismos. Estos valores concuerdan con los de Rojas *et al.* (2002) en *C. rizophorae* tanto en la zona de Margarita como en la de Chacopata, donde se encontraron valores de promedios de 0,14 y menores de 0,01  $\mu\text{g/g}$  de peso seco respectivamente. En *C. virginica* en las zonas de Güiria y Yaguaraparo se reportaron concentraciones de 0,18 y 0,06  $\mu\text{g/g}$  respectivamente, además en *Perna viridis* se encontraron valores de 1,00  $\mu\text{g/g}$  en Margarita y de 1,30  $\mu\text{g/g}$  en Güiria. Sin embargo, en zonas contaminadas se han encontrado valores de 46  $\mu\text{g/g}$  en *Tivela mactroides* en Boca de Paparo (Acosta y Lodeiros, 2004). En la Bahía de San Vicente de Chile se han reportado valores de 5,4  $\mu\text{g/g}$  en *T. dombeii* (Ahumada, 1994).

## Plomo

Al determinar las concentraciones de plomo en *A. zebra* se encontraron diferencias altamente significativas ( $KW=34,1363$ ;  $p < 0,001$ ) durante los meses de muestreo. Así mismo se formaron 2 subgrupos: el primero conformado por los meses de agosto, noviembre y mayo, el segundo por el mes de febrero. Este elemento presentó la máxima concentración ( $0,94 \pm 0,45$ )  $\mu\text{g/g}$  en el mes de febrero-07 y los valores más bajos se encontraron en el resto de los meses analizados, con valores promedios comprendidos entre 0,41 y 0,17  $\mu\text{g/g}$ , con sus desviaciones estándares respectivas de 0,44 y 0,22 (Figura 7).

Los valores de plomo encontrados en *A. zebra* no sobrepasan el límite permisible para el consumo humano el cual según las normas COVENIN (1994) y la FDA (1993) es de 2 y 5  $\mu\text{g/g}$  de peso seco, respectivamente. Sin embargo Segura (2006) encontró en *A. zebra* valores de Pb que van desde 5,74 a 6,20  $\mu\text{g/g}$ ; en *T.*

*mactroides* se encontraron concentraciones de 4,08 y 4,28  $\mu\text{g/g}$ ; en *P. viridis* valores desde 2,20 a 3,52  $\mu\text{g/g}$  y en *Donax* spp concentraciones de 8,87  $\mu\text{g/g}$ , es importante señalar que las muestras de este investigador fueron obtenidas de mercados, lo que significa que estos alimentos estaban listos para la venta de los consumidores. Sin embargo en la zona de Rio Chico (con poco impacto ambiental) *T. mactroides* mostró concentraciones de que iban 0,02 a 1,80  $\mu\text{g/g}$  (Acosta y Lodeiros, 2004). En bivalvos de otras latitudes como *T. dombeii* se han encontrado concentraciones de 1  $\mu\text{g/g}$  en la Bahía San Vicente de Chile, siendo esta considera como una zona contaminada (Ahumada, 1994), además Gil *et al.* (2006) encontró en *Mytilus edulis* concentraciones hasta de 8,07  $\mu\text{g/g}$  de peso seco en una zona no contaminada de la Patagonia argentina.

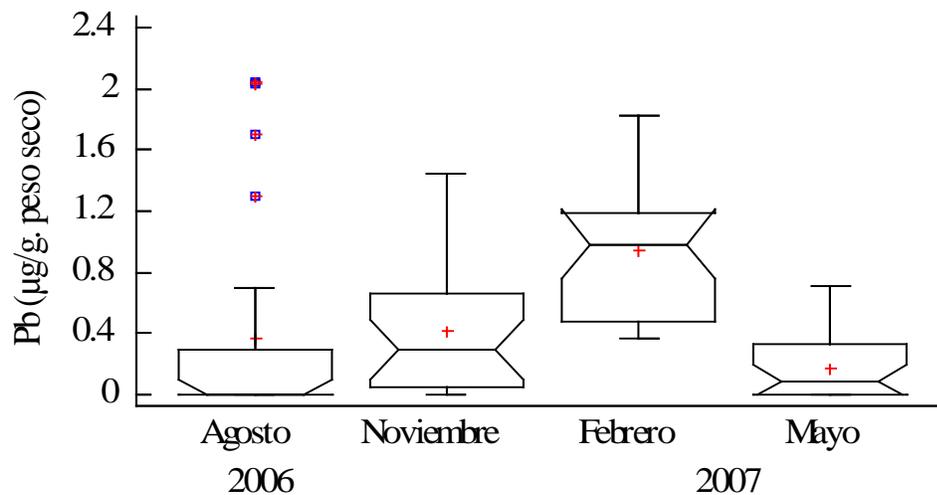


Figura 7. Variación estacional de la concentración de Pb ( $\mu\text{g/g}$ . peso seco) en muestras de Arca zebra obtenidas de la Isla Caribe, Guayacán, estado Sucre.

Evidentemente existe una asociación entre algunos parámetros físico-químicos y ciertos metales, dado que el Cd, Cu y Zn se encontraron más elevados durante la época de no surgencia, donde se mostró un aumento de la temperatura, una disminución del pH y escasas de nutrientes, debido a los bajos niveles de clorofila.

Dentro de los factores extrínsecos, mas importantes, que determinan la biodisponibilidad de los metales se encuentran la temperatura y el pH (Mayer *et al.* 1994). La temperatura afecta la química de los metales en el agua de mar (Byrne *et al.*, 1988) y la fisiología de los organismos marinos (Lemus, 1992; Dame, 1996). Los cambios de temperatura implican cambios de pH, de solubilidad y alteración en las reacciones de oxido reducción permitiendo la liberación al medio de los metales en forma de cationes, lo que facilita la entrada hacia los organismos (Byrne *et al.*, 1988; Blust *et al.*, 1994; Acosta y Lodeiros 2004). Además, Kavun *et al.* (2002), señalan que un incremento en la tasa de filtración en áreas con bajos niveles de clorofila *a*, seston y materia en suspensión pueden probablemente influenciar la acumulación de metales en especies marinas, como podría estar ocurriendo en *A. zebra*, durante el mes de agosto, donde se presumen bajos niveles de clorofila *a* porque corresponde al periodo de calma. Mubiana y Blust (2007) pudieron observar en *Mytilus edulis*, que un aumento de temperatura conducía a una mayor bioacumulación de metales en esta especie, debido al aumento de la actividad metabólica.

Se ha mencionado que la absorción es en gran parte controlada por los iones metálicos libres, sin embargo algunos estudios han revelado una contribución significativa de los metales unidos a complejos (Campbell, 1995; Hudson, 1998; Lorenzo *et al.*, 2005).

El agua de mar contiene una alta concentración de iones de  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ , que son responsables de la estabilidad del pH; ya que todos estos iones participan en el enlazamiento directo o por complejación de los metales (Knezovich, 1994; Newman y Jagoe, 1994), lo que lleva a presumir que una variación del pH durante el periodo de no surgencia por debajo de 7,5 influenciado además por una elevada temperatura podría estar influyendo en la mayor biodisponibilidad de los metales Cd, Cu y Zn en *A. zebra*.

Con respecto a los metales Cr, Ni y Pb que presentaron sus mayores concentraciones durante el periodo de surgencia (Febrero), se puede señalar entonces que la principal vía de captación de estos metales en *A. zebra* pudiera estar asociada a la alimentación (Wright y Zamuda 1987), ya que se mostró un aumento de la clorofila *a* y una disminución de la temperatura lo que es característico del fenómeno de surgencia, el cual ocurre generalmente durante los primeros meses del año (Gómez *et al.*, 2006, González *et al.*, 2006). Este fenómeno conlleva a una remoción partículas (alimenticias y contaminantes) desde los sedimentos hacia la superficie de la columna de agua, permitiendo que haya una mayor cantidad de nutrientes para los productores primarios (fitoplancton), así como también una mayor cantidad de alimentos para los consumidores primarios como los bivalvos. Los cuales al filtrar grandes cantidades de aguas obtienen su alimento, pero al mismo tiempo pueden absorber grandes concentraciones de contaminantes, como los metales pesados (Gómez, 1996; Astor *et al.*, 2003).

Ciertos metales muestran un comportamiento biogeoquímico muy similar al de los nutrientes, particularmente con los fosfatos, y al igual que ellos, parecen ser controlados por el ciclo de la materia orgánica en la columna de agua. Esta característica hace que las aguas de surgencia se encuentren enriquecidas con algunos metales y constituyan la principal fuente de estos elementos a los organismos expuestos a ellas. Se conoce además, que algunos metales se concentran en la materia orgánica, como en los nódulos de manganeso y fosforitas marinas de los sedimentos lacustres y oceánicos, haciendo mas biodisponibles los metales, tanto para los productores como los consumidores, una vez llegada la época de surgencia (Sadiq, 1992; De Barr *et al.*, 1994; Gutiérrez-Galindo *et al.*, 1999; Muñoz-Barbosa *et al.*, 2000). Adefemi *et al.* (2007) señalan que el alto contenido de algunos metales pueda ser el resultado de una eficiente sedimentación, una vez llegada la surgencia, el incremento de las corrientes marinas, hace que haya remoción de partículas sedimentarias hacia la columna de agua.

Generalmente, la forma iónica de un elemento es la más fácilmente disponible, aunque hay sus excepciones (Hg, Pb, Sn). La forma particulada puede también ser importante para animales que se alimentan a través de la filtración como los bivalvos. Se sugiere que la concentración de metales en los tejidos puede variar estacionalmente en relación a las necesidades fisiológicas de los moluscos y a la abundancia de las formas disponibles tanto en el agua como en los alimentos (Ravera *et al.*, 2007). Así las mayores concentraciones de los metales pesados van estar influenciados tanto por parámetros extrínsecos como intrínsecos que determinan la biodisponibilidad de estos elementos a la biota.

La variación de la concentración de metales pareciera responder a tres componentes: 1) posición en la escala trófica o los hábitos alimenticios de las especies estudiadas; 2) ubicación de las zonas de muestreo en relación a las fuentes de los metales y lugar donde fueron colectados los organismos; 3) capacidad de bioacumulación, que es propia de cada especie en estudio y a las características de cada metal en particular (Ahumada, 1994).

La isla Caribe es una zona caracterizada por una escasa actividad antropogénica por lo que puede considerarse prácticamente libre de contaminación por metales pesados. Sin embargo, la resuspensión de material sedimentario y los procesos de fuerte mezcla por surgencia, así como las escorrentías, han sido reconocidos como las principales fuentes de metales en algunas zonas, como podría estar ocurriendo en esa región. Además, considerando que los valores de Cd y Cr exceden los límites permisibles establecidos según la norma COVENIN y el Departamento Sede de los Servicios Urbanos de Japón, estos resultados proporcionan información consistente sobre la posible existencia de fuentes de contaminación por estos elementos en esta zona costera y por lo tanto se requiere un estudio más detallado, tanto en organismos así como también en aguas y sedimentos, para obtener una información más completa del estado de ese ecosistema.

## RELACIÓN ENTRE LA TALLA Y CONCENTRACIÓN DE LOS METALES EN *Arca zebra*.

Según el análisis de regresión efectuado entre las concentraciones de Cd, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn y la talla de los organismos de *A. zebra*, existe una correlación negativa altamente significativa. Se puede observar que los metales Cd, Cu y Zn ( $R = -0,54$ ;  $-0,71$ ;  $-0,53$ , respectivamente) presentaron una mayor correlación con la talla (Figura 8).

Los resultados obtenidos indican que existe una relación entre la concentración de los metales estudiados y la talla de *A. zebra*, donde los organismos de tallas pequeñas contienen una mayor concentración de los metales que los organismos de tallas mayores. Tal correlación puede atribuirse a un incremento de la actividad metabólica en individuos pequeños (Olivier *et al.*, 2002), al efecto de dilución debido al incremento del peso del cuerpo (Latouche y Mix, 1982; Gutiérrez-Galindo y Muñoz-Barbosa, 2003; Raspor *et al.*, 2004) o a mecanismos de desintoxicación en organismos mas grandes (Catsiki *et al.*, 1994). Todos estos factores pueden explicar la correlación negativa encontrada en *A. zebra*.

De acuerdo a Rainbow y Dallinger (1993), la tasa de captación del metal es grande, aunque no solo depende de la talla, sino que también está influenciado por cambios en las condiciones locales, tales como, la concentración de metal en el ambiente (Cravo y Bebianno, 2005), disponibilidad de alimento (Saavedra *et al.*, 2004), presencia de corrientes en las aguas (Labarta *et al.*, 1997) o la variabilidad inherente entre las poblaciones (Cubadda *et al.*, 2001). Acosta y Lodeiros (2004), observaron en *T. mactroides* que los metales Zn, Pb, Cd y Cr tendieron a aumentar con la talla de los organismos en las tres zonas de muestreo, mientras que el metal Cu solamente aumento su concentración con la talla en una zona, mientras que en las dos zonas restantes mostró una dilución de la concentración en relación a la talla de los

organismos. La tendencia general de la mayoría de los metales a aumentar con la talla se relacionó principalmente con los aportes antropogénicos de cada zona impactada, aunque estos investigadores también señalan la presencia de ciertos factores ambientales (oxígeno disuelto, salinidad, pH y temperatura) que pudieran estar influenciando la bioacumulación de los metales.

Strong y Luoma (1981), señalan que cuando el tejido crece con mayor rapidez que con la que se absorbe el metal, puede haber una reducción de la concentración del mismo en el tejido (dilución). La correlación significativa observada en algunas especies de moluscos en relación a la talla, ha sido explicado en términos de ritmos extremadamente bajos de eliminación de metales del tejido de un organismo (Ahn *et al.*, 2001). Esto sugiere que la acumulación neta de los metales puede ocurrir durante toda la vida de los organismos, entonces las altas concentraciones encontradas en organismos de tallas mayores refleja exposiciones previas a los metales (Boyden, 1974). Es conocido entonces que la talla puede ser importante para determinar la tasa de procesos fisiológicos que influyen, la captación, distribución y eliminación de contaminantes (Barrón, 1990; Gutenmann *et al.*, 1992; Storelli y Marcotrigiano, 2005; Páez-Osuna y Marmolejo-Rivas, 1990; Ahn *et al.*, 2001).

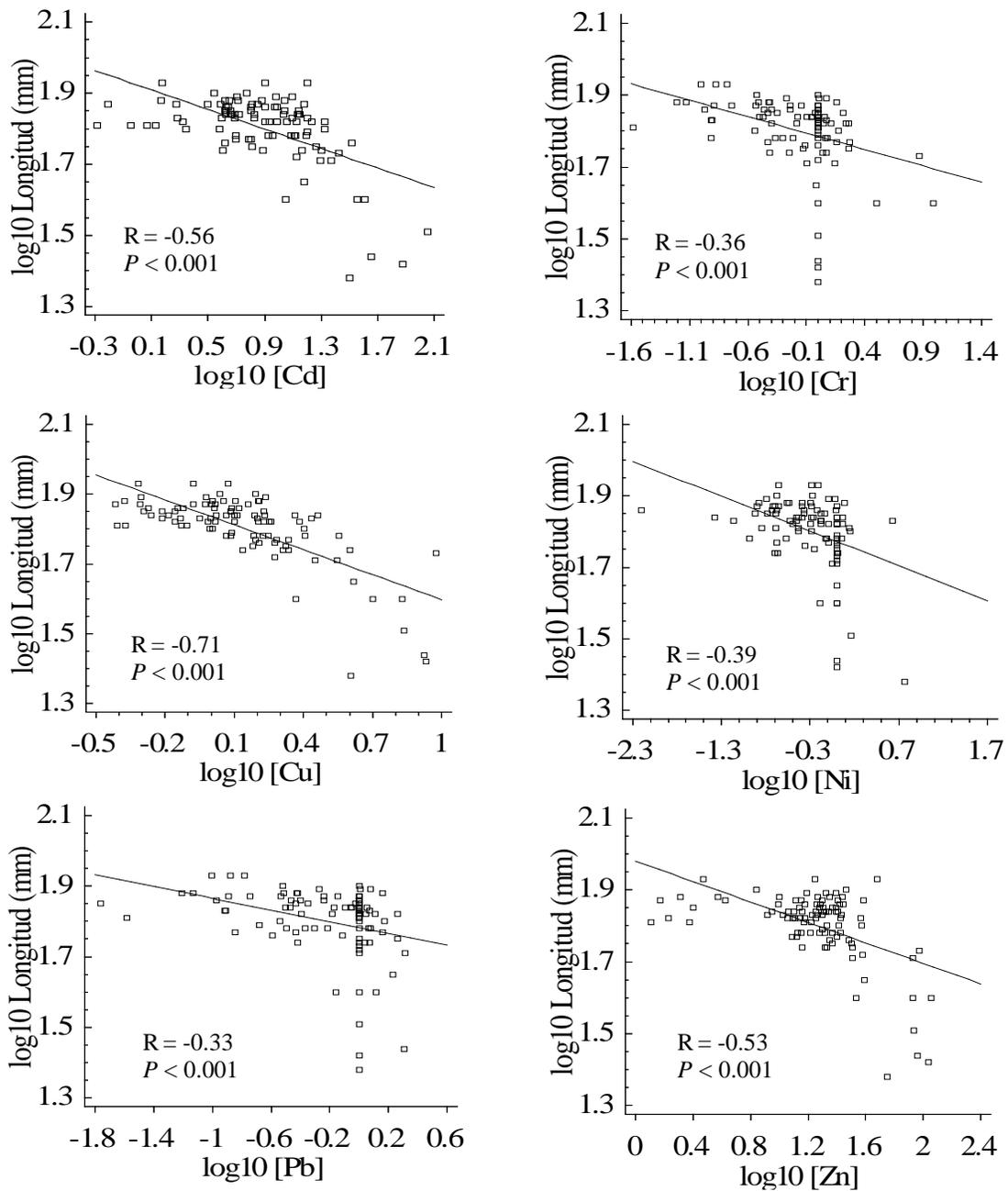


Figura 8. Análisis de regresión para la concentración de Cd, Cr, Cu, Pb, Ni y Zn ( $\mu\text{g/g}$ ) y la longitud (mm) en muestras de *A. zebra* de la Isla Caribe, estado Sucre, Venezuela.

## CONCLUSIONES

Los parámetros físico-químicos presentes en la Isla Caribe facilitaron en gran medida el proceso de bioacumulación de los metales estudiados en *A. zebra*, dado que hubo un aumento de la temperatura y una disminución sobre pH, nitrato y clorofila *a* durante el periodo de no surgencia, lo que pudo permitir una mayor absorción de Cd, Cu y Zn. Mientras que el periodo de surgencia se observó un aumento la clorofila *a*, indicando esto un incremento de los nutrientes, que es característico del fenómeno de surgencia, lo que pudo facilitar la captación de Cr, Ni y Pb en la especie.

Las mayores concentraciones de los metales Cd, Cu y Zn se presentaron en el mes de agosto, mientras que los metales Cr, Ni y Pb se mostraron elevados durante el mes de febrero.

Las concentraciones de Cd y Cr sobrepasaron los límites permisibles para el consumo humano, según la norma COVENIN y el Departamento Sede de los Servicios Urbanos de Japón, respectivamente.

El incremento de la concentración de los metales parece estar relacionado con la talla de los organismos, ya que los individuos de menor tamaño de *A. zebra* mostraron una mayor concentración de los metales estudiados en comparación con los de tallas mayores.

## **RECOMENDACIÓN**

Para conocer el estado actual del ecosistema de la Isla Caribe se recomendaría un estudio más completo, que incluya una evaluación no solo en los organismos sino también en la columna de agua y en los sedimentos, para poder obtener una información más completa del ecosistema.

## BIBLIOGRAFÍA

Acosta, V. y Lodeiros, C. 2003. Índice ARN/ADN en poblaciones de la almeja *Tivela mactroides* (Bivalvia: Veneridae) provenientes de localidades con diferentes niveles de contaminación. *Rev. Cient., FCV-LUZ. XIII*, (5): 378-382.

Acosta, V. y Lodeiros, C. 2004. Metales pesados en la almeja *Tivela mactroides*, Born, 1778 (Bivalvia: Veneridae) en localidades costeras con diferentes niveles de contaminación en Venezuela. *Cienc. Mar.*, 30(2): 323-333.

Acuña, A. 1977. Fijación, crecimiento y composición de la pepitona *Arca zebra* en la región oriental de Venezuela. Trabajo de Ascenso. Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Cumaná.

Adefemi, O.; Olaofe, O. y Asaolu, S. 2007. Seasonal variation the heavy metal distribution in the sediment of Major Dams in Ekiti-State. *Pakist. Jour. Nutit.*, 6(6): 05-707.

Ahn, I.; Kang, J. y Kim, K. 2001. The effect of the body size on metal accumulation in the bivalve *Laternula elliptica*. *Antarct. Scienc.*, 13(4): 355-362.

Ahn, I.; Lee, S.; Shim, K. y Kim, D. 1996. The effect of body size on metal accumulations in the bivalve *Laternula elliptica*. *Antarc. Scienc.*, 13:355-362.

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 béticos de bahía San Vicente, Chile. *Rev. Biol. Mar.*, 29 (1): 77-87.

Anandraj, A.; Marshall, D.; Gregory, M. y McClurg, T. 2002. Metal accumulation, filtration and O<sub>2</sub> uptake rates in the mussel *Perna perna* (Mollusca: Bivalvia) exposed to Hg<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup> and Zn<sup>2+</sup>. *Comp. Biochem. Physiol.*, 132(C): 355-363.

Astor, Y.; Müller-Karger, F. y Scranton, I. 2003. Seasonal and interannual variation in the hydrography of the Cariaco Basin: implications for basin ventilation. *Cont. Shelf Res*, 23:125-144.

Barron, M. 1990. Bioconcentration. *Environ. Sci. Technol.*, 24: 1612-1618.

Bel'cheva, N.; Silina, A.; Slin'ko, E. y Chelomin, V. 2002. Seasonal variability in the levels of Fe, Zn, Cu, Mn, and Cd in the hepatopancreas of the Japanese scallop *Mizuhopecten yessoensis*. *Russ. Jour. Mar. Biol.*, 28(6): 398-404.

Bendschneider, K. y Robinson, R. 1952. New spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. *Jour. Mar. Res.*, 11: 87-96.

Parra, B.; Ruiz, L. y Prieto, A. 2007. Índices ecológicos y parámetros biométricos de Haemulidae (Pisces: Perciformes) en la zona costera de la Isla de Cubagua, Venezuela. *Zootec. Trop.*, 25: 34-49.

Blust, R.; Ginneken, L. y Declair, W. 1994. Effect of temperature on the uptake of copper by the brine shrimp, *Artemia franciscana*. *Aquat. Toxicol.*, 30: 343-356.

Boyden, C. 1974. Trace element content and body size in molluscs. *Nat.*, 251: 311-314.

Byrne, R.; Kump, L. y Cantrell, K. 1988. The influence of temperature and pH on trace metal speciation in seawater. *Mar. Chem.*, 25: 168-181.

Campbell, P. 1995. Interactions between trace metals and aquatic organisms: a critique of the free-ion activity model. En: *Metal Speciation and Bioavailability in Aquatic Systems*. Tessier, A. y Turner, D. (Eds.). John Wiley & Sons, Chichester. Págs. 45-97.

Campos, H. 1987. Los metales pesados, su contaminación y sus efectos tóxicos. *Contam. Amb., Medellín, Colombia*, 9(17): 63-70.

Carvalho, C.; Lacerda, L. y Gomez, M. 1993. Metais pesados na biota bentica da Baía de Sepetiba e Angra dos Reis, RJ. *Act. Limn. Brasil.*, 6: 222-229.

Castillo, I.; Acosta, V.; Martínez, G. y Núñez, 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.

Catsiki, V.; Bei, F. y Nicolaidou, A. 1994. Size dependent metal concentrations in two marine gastropod species. *Netherl. Jour. Aquat. Ecol.*, 28(2): 157- 165.

Chiu, S.; Lam, F.; Tze, W.; Chau, C. y Ye, D. 2000. Trace metals in mussels from mariculture zones, Hong Kong. *Chemosph.*, 41: 101-108.

Chung, K. 1978. Efectos letales de cadmio, cromo y zinc en *Nerita fulgurans*. *Bol. Inst. Oceanogr.*, 17(1-2): 31-33.

Çoğun, H.; Yzereroğlu, T.; Kargin, F. y Firat, Ö. 2005. Seasonal variation and tissue distribution of heavy metals in shrimp and fish species from the Yumurtalık coast of Iskenderun Gulf, Mediterranean. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 75: 707-715.

COVENIN, 1994. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Pepitonas en conservas. Norma 1947-94. Min de Fomento. Caracas, Venezuela.

Cravo, A. y Bebianno, M. 2005. Bioaccumulation of metals in the soft tissue of *Patella aspera*: application of metal/shell weight indices. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 65:571-586.

Cubadda, F.; Conti, M. y Campanella, L. 2001. Size-dependent concentrations of trace metals in four Mediterranean gastropods. *Chemosph.*, 45: 561–569.

De Baar, H.; Saager, P.; Nolthing, R. y Meer, J. 1994. Cadmium versus phosphate in the world ocean. *Mar. chem.*, 46: 261-281.

FDA. 1993. Guidance document for cadmium in shellfish. Center For Food Safety And Applied Nutrition Food And Drug Administration USA. Pág. 3.

Ferreira, A.; Machado, A. y Zalmon, I. 2004. Temporal and spatial variation on heavy metal concentrations in the bivalve *Perna perna* (Linnaeus, 1758) on the Northern coast of Rio de Janeiro State, Brazil. *Braz. Arch. Biol. Technol.*, 47(2): 3-16.

Frías-Espéricueta, G.; Ortiz-Arellano, M.; Osuna-López, J. y Ronson-Paulin, J. 1999. Heavy metals in the rock oyster *Crassostrea iridescens* (Filibranchia: Ostreidae) from Mazatlan, Sinaloa, Mexico. *Rev. Biol. Trop.*, 47(4): 843-849.

Gil, M.; Torres, A.; Harvey, N. y Esteves, J. 2006. Metales pesados en organismos marinos de la zona costera de la Patagonia argentina continental. *Rev. Biol. Mar. Ocean.*, 41(2): 167-176.

Goldberg, G. 1992. Marine metal pollutants. *Mar. Poll. Bull.*, 25: 45-47.

Gomes, M.; Carvalho, C. y Lacerda, L. 1991. Monitores biológicos de metais pesados no litoral do estado do Rio de Janeiro. *An. Sem. Reg. Ecol.*, 6: 319-329.

Gómez, A. 1996. Causas de la fertilidad marina en el nororiente de Venezuela. *Interc.*, 21(3): 140-146.

Gómez, J. 1998. Efectos de la toxicidad del cobre y el cadmio en una población natural del bivalvo *Lima scabra* (Born, 1778): aspectos genéticos, bioquímicos y reproducción. Trabajo de Ascenso. Universidad de Oriente. Núcleo de Sucre, Cumaná.

Gómez, A.; Cellamare, M.; Gómez, O.; Hernández, I.; Izaguirre, E.; Jácome, M. y González, W. 2006. *Ecología costera y pesca de sardina en el Sureste de Margarita, Venezuela*. En: Salas, S.; Cabrera, M.; Ramos, J.; Flores, D. y Sánchez, J. (Eds). Memorias Primera Conferencia de Pesquerías Costeras en América Latina y el Caribe. Evaluando, Manejando y Balanceando Acciones. Mérida, Yucatán, México. Octubre 4-8, 2004. Págs. 91-106.

González, F.; Evelyn, Z. y Montiel, E. 2006. Productividad primaria del fitoplancton en la bahía de Mochima, Venezuela. *Invest. Mar., Valparaíso*, 34(2): 37-45.

Gopaul, N. y Wolf, J. 1996. A numerical model of tidal and wind-driven circulation in the Gulf of Paria. *Caribb Mar Stud.*, 5:23-40.

Guillen, R. 1982. Análisis químico de los elementos: Cu, Cr, Pb, Zn, Cd, Ni, Fe, Co, As, Hg, y carbono orgánico en los sedimentos del Río Tuy. Trabajo Especial de Grado, Escuela de Química, Universidad Central de Venezuela.

Gutenmann, W.; Ebel, J.; Kuntz, H.; Yourstone, K. y Lisk, J. 1992. Residues of *p,p*-DDE and mercury in lake trout as a function of age. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 22: 452-455.

Gutiérrez-Galindo, E. y Muñoz-Barbosa, A. 2003. Variabilidad geográfica de la concentración de Hg, Co, Fe y Ni en mejillones *Mytilus californianus* (Conrad, 1837) de la costa de Baja California. *Cienc. Mar.*, 29: 21-34.

Gutiérrez-Galindo, E.; Villaescuas-Celaya, J. y Arreola-Chimal, A. 1999. Bioacumulación de metales en mejillones de cuatro sitios selectos de la región costera de Baja California. *Cienc. Mar.*, 24(4): 557-578.

Hong, S.; Kang, C. y Kang, J. 1999. Lichen biomonitoring for the detection of local heavy metal pollution around King Sejong station, King George Island, Antarctica. *Kor. Jour. Pol. Res.*, 10: 17-24.

Hudson, R. 1998. Which aqueous species control the rates of trace metal uptake by aquatic biota? Observations and predictions of non-equilibrium effects. *Scien. Tot. Environ.*, 219: 95-115.

Kavun, V.; Shulkin, V. y Khristforova, N. 2002. Metal accumulation in mussels of the Kuril Islands, North-West Pacific Ocean. *Mar. Environ. Res.*, 53: 219-226.

Ke, C. y Wang, W., 2001, Bioaccumulation of Cd, Se and Zn in an Estuarine Oyster (*Crassostrea rivularis*) and a Coastal Oyster (*Saccostrea glomerata*). *Aquat. Toxicol.*, 56: 33-51.

Knezovich, J. 1994. Chemical and biological factors affecting bioavailability of contaminants in seawater. En: *Bioavailability physical, chemical and biological interactions*. Hamelink, J.; Landrum, P.; Bergman, H. y Benson, W. (Eds.) Lewis Publishers Boca Raton, New York. Págs. 23-30.

Koroleff, F. 1969. *Direct determination of ammonia in natural waters as indophenols blue*. ICES. C. M. 1969/C: 9 Hydr. Comm.

Labarta, U.; Fernández-Reiriz, M. y Babarro, J. 1997. Differences in physiological energetics between intertidal and raft cultivated mussels *Mytilus galloprovincialis*. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 152: 167-173.

Latouche, Y. y Mix, M., 1982. The effects of depuration, size and sex on trace metal levels in Bay Mussels. *Mar. Poll. Bull.*, 13: 27-29.

Lemus, M. 1992. Influencia de la temperatura sobre la acumulación y depuración de Cu en juveniles de *Petenia kraussii*, Stein Dachnes, 1878 (Pisces: Cichlidae), efecto sobre la condición fisiológica. Trabajo de Ascenso. Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Cumaná.

Lima, E. 1997. Determinação de cádmio, cromo, cobre e zinco em mexilhões *Perna perna* (Linné, 1758) do litoral do estado do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado. Departamento de Química – PUC/RJ.

Lista, M.; Lodeiros, C.; Prieto, A.; Himmelman, J.; Castañeda, J.; Gacía, N. y Velazquez, C. 2006. Relation of seasonal Changes in the mass of the gonad and somatic tissues of the zebra ark *Arca zebra* to environmental factors. *Jour. Shellf. Res.*, 25(3): 969-973.

Lodeiros, C., Marín, B. y Prieto A. 1999. Catálogos de moluscos marinos de las costas nororientales de Venezuela: Clase Bivalvia. Edición APUDONS.

Lorenzo, J.; Beiras, R.; Mubiana, V. y Blust, R. 2005. Copper uptake by *Mytilus edulis* in the presence of humic acids. *Environ. Toxicol. Chem.*, 24: 973 -980.

Martínez, G. 2002. Metales pesados en sedimentos superficiales en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente*, 41(1y2): 83-96.

Martins, C. 2004. Acumulación y depuración de cadmio en relación con el perfil de enlazamiento a metaloproteínas en el hepatopáncreas del bivalvo *Lima scabra*. Trabajo de Ascenso. Universidad de Oriente, Cumaná.

Mayer, F.; Marking, L.; Bills, T. y Hoew, G. 1994. Physicochemical factors affecting toxicity in freshwater: hardness, pH and temperature En: *Bioavailability physical, chemical and biological interactions*. Hamelink, J.; Landrum, P.; Bergman, H. y Benson, W. (Eds.). Lewis Publishers Boca Raton, New York. Págs. 5-22.

Mogollón, J. y Bifano, C. 1985. Estudio geoquímico de contaminación por metales pesados en sedimentos de la cuenca del Río Tuy. *VI Congreso Geológico Venezolano*, Págs. 1893-1928.

Moore, J. Ramammorthy, S. 1984. Heavy metals in natural waters. Pergamon Press. Gran Bretaña.

Mubiana, V. y Blust, R. 2007. Effects of temperature on scope for growth and accumulation of Cd, Co, Cu and Pb by the marine bivalve *Mytilus edulis*. *Mar. Environ. Res.*, 63: 219-235.

Muñoz-Barbosa, A.; Gutiérrez-Galindo, E. y Flores-Muñoz, G. 2000. *Mytilus californianus* as indicator of heavy metals in the northwest coast of Baja California, Mexico. *Mar. Environ. Res.*, 49(2): 123-144.

Nakal, A. y Prieto, A. 1984. Contribution to the reproductive biology of *Arca zebra* (Swainson) in Sucre state, Venezuela. *Jour. Shell. Res.*, 4: 95.

Nauen, A. 1996. Impacto ambiental de la industria petrolera en el río Coatzacoalcos, Veracruz. En: *Golfo de México, contaminación e impacto ambiental: Diagnostico y Tendencias*. Botello, A.; Rojas, J.; Benítez, J. y Zárata, D. (Eds.). EPOMEX serie científica. Págs. 541-554.

Newman, M. y Jagoe, C. 1994. Ligands and the bioavailability of metals in aquatic environments En: *Bioavailability physical, chemical and biological interactions*. Hamelink, J.; Landrum, P.; Bergman, H. y Benson, W. (Eds.). Lewis Publishers Boca Raton, New York. Págs. 23-30.

Olivier, F.; Ridd, M. y Klumpp, D. 2002. The use of transplanted cultured tropical oysters (*Saccostrea commercialis*) to monitor Cd levels in North Queensland Coastal waters (Australia). *Mar. Poll. Bull.*, 44: 1051-1062.

Otchere, F. 2003. Heavy metals concentrations and burden in the bivalves (*Anadara (Senilia) senilis*, *Crassostrea tulipa* and *Perna perna*) from lagoons in Ghana: describe mechanism of accumulation/excretion. *Afric. Journ. Biotech.*, 2(9): 280-287.

Pález-Osuna, F. y Marmolejo-Rivas, C. 1990. Occurrence and seasonal variation of heavy metals in the oyster *Saccostrea iridescens*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 44: 129-134.

Perin, G.; Fabris, R.; Manente, S.; Rebello, W.; Hamacher, C. y Scotto, S. 1997. A five-year study on the heavy-metal pollution of Guanavara bay sediments (Rio de Janeiro, Brazil) and evaluation of the metal bioavailability by means of geochemical speciation. *Wat. Res.*, 31(12): 3017-3028.

Phillips, D. y Rainbow, P. 1993. *Biomonitoring of trace aquatic contaminants*. Elsevier Applied Science, London.

Prieto, A. y Saint-Aubyn, M. 1998. Crecimiento del bivalvo *Arca zebra* (Swainson, 1883) en Chacopata, Estado Sucre, Venezuela. *Sab.*, 10: 14-19.

Prieto, A.; Ramos, O.; Arrieche, D.; Villalba, J. y Lodeiros, C. 2001. Producción secundaria e índice de condición en *Arca zebra* (Mollusca: Bivalvia) del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.*, 49(2): 599-608.

Prieto, A.; Ruiz, L.; García, N. y Álvarez, M. 2001. Diversidad malacológica en una comunidad de *Arca zebra* (Mollusca: Bivalvia) en Chacopata, Estado Sucre, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.*, 49(2): 591-598.

Rainbow, P. y Dallinger, R. 1993. *Metal uptake, regulation and excretion in freshwater invertebrates*. In: Dallinger, R. y Rainbow, P. (Eds.) *Ecotoxicology of metals in invertebrates*. Lewis Publishers, Boca Raton. Págs. 120-131.

Raspor, B.; Dragun, Z.; Erk, M.; Ivanković, D. y Pavičić, J. 2004. Is the digestive gland of *Mytilus galloprovincialis* a tissue of choice for estimating cadmium exposure by means of metallothioneins. *Scienc. Tot. Environ.*, 333: 99-108.

Ravera, O.; Beone, G.; Trincerini, P. y Riccardi, N. 2007. Seasonal variations in metal content of two *Unio pictorum mancus* (Mollusca, Unionidae) populations from two lakes of different trophic state. *J. Limnol.*, 66(1): 28-39.

Rees, G. 1993. Health implications of sewage in coastal water the British case. *Mar. Poll. Bull.*, 26: 14-19.

Reyes, R. 1999. Las metalotioninas como biomarcadores moleculares de la contaminación por metales pesados en organismos acuáticos. *Interc.*, 24(6): 365-371.

Rojas-Astudillo, L.; Chang-Yen, I.; Agard, J.; Bekele, I. y Hubbard, R. 2002. Heavy metals in green mussel (*Perna viridis*) and oyster (*Crassostrea* sp) from Trinidad y Venezuela. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 42: 410-415.

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. *Wat. Air and Soil Poll.*, 20:127-135.

Saavedra, Y.; González, A.; Fernández, P. y BLANCO, J. 2004. The effect of size on trace metal levels in raft cultivated mussels (*Mytilus galloprovincialis*). *Scienc. Tot. Environ.*, 318: 115-124.

Sadiq, M. 1992. *Toxic metals chemistry in marine environments*. Marcel Dekker, Inc. New York.

Saint-Aubyn, M.; Prieto, A. y Ruiz, L. 1999. Producción específica de una población del bivalvo *Arca zebra* (Swainson, 1833) en la costa nororiental del Estado Sucre, Venezuela. *Act. Cient. Venez.*, 50: 15-23.

Segura, B. 2006. Determinación de metales en los moluscos y camarón de mayor consumo en Puerto la Cruz, estado Anzoátegui. Trabajo de pregrado. Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Cumaná.

Senior, W. 1994. Diagnostico ambiental del rio Manzanares. Comunic. Pers. Depart. Oceanogr. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente. pp 33.

Shulkin, V.; Kavun, V.; Tkalin, A. y Presley, B. 2002. The effect of metal concentration in botton sediments on the accumulation of metal by the mytilids *Crenomytilus grayanus* and *Modiolus kurilensis*. *Jour. Mar. Biol.*, 28(1): 43-51.

Soto, M.; Kortabitarte, M. y Marigomez, I. 1995. Bioavailable heavy metals in estuarine waters as assessed by metal shell-weight indices in sentinel mussels *Mytilus galloprovincialis*. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 125: 127-136.

Storelli, M. y Marcotrigiano, G. 2005. Bioindicator organisms: heavy metals pollution evaluation in the Ionian Sea (Mediterranean Sea-Italy). *Environ. Monitor. Assessm.*, 102:159-166.

Strong, C. y Luoma, S. 1981. Variations in the correlation of body size with concentrations of Cu and Ag in the bivalve *Macoma balthica*. *Canad. Jour. Fish. Aquat. Scienc.*, 38: 1059-1064.

Taylor, P. 1993. The state of marine environment: A critique of the work and role of the Joint Group of Experts on Scientific Aspect of Marine Pollution (GESAM). *Mar. Poll. Bull.*, 26(3): 120-127.

Türkmen, A. y Türkmen, M. 2005. Seasonal and spatial variations of heavy metals in the spiny rock oyster, *Spondylus spinosus*, from coastal waters of Iskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 75: 716-722.

UNESCO. 1966. *Determination of photosynthetic pigments in sea water*. Monographs on oceanographic methodology.

Villanueva, F. y Páez-Osuna, F. 1996. Niveles de metales en el Golfo de México: agua, sedimentos y organismos. En: *Golfo de México, contaminación e impacto ambiental: Diagnostico y Tendencias*. Botello, A.; Rojas, J.; Benítez, J. y Zárate, D. (Eds). EPOMEX serie científica. Págs. 309-347.

Waldichuk, M. 1974. Some biological concepts in heavy metals pollution. En: *Pollution and physiology of marine organism*. Vernberg, F. y Vernberg, W. (Eds). Academic Press, New York. Págs. 177-185.

Wang, W. 2001. Comparison of metal uptake rate and absorption efficiency in marine bivalves. *Environ. Toxicol. Chem.*, 20: 1367-1373.

Wang, W.; Fisher, N. y Luoma, S. 1996. Kinetic determinations of trace element bioaccumulation in the mussel *Mytilus edulis*. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 140:91-113.

Wright, D. y Zamuda, C. 1987. Copper accumulation by two bivalves: salinity effect is independent of cupric ion activity. *Mar. Environ. Res.*, 23: 1-14.

Zorrilla, N. 2003. Presencia y variación mensual de metales pesados esenciales y no esenciales en el oligoqueto intermareal *Pontodrilus litoralis* Grube, 1855 (Oligochaeta: Acanthodrilidae) y en el sedimento donde habita. Trabajo de pregrado. Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Cumaná.

Zweig, R.; Morton, J. y Stewart, M. 1999. Source water quality for aquaculture. A guide for assessment environmentally and socially sustainable development. Rural

development. <[Http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/pruebasecotox.php#intro](http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/pruebasecotox.php#intro)>

## APÉNDICE

Apéndice 1. Concentración promedio de los metales Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn ( $\mu\text{g/g}$ . peso seco) en *A. zebra* recolectada en la Isla Caribe, Guayacán, estado Sucre, Venezuela, durante el periodo de agosto y noviembre de 2006 y febrero y mayo de 2007 ( $X \pm \text{DE}$ ).

Meses	Tamaño de la muestra	Rango promedio	$\bar{X} \pm \text{DE}$	Contraste	K-W	P-valor
-------	----------------------	----------------	-------------------------	-----------	-----	---------

Meses	Metal	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Agosto		22,49 $\pm$ 15,94	1,25 $\pm$ 2,41	3,35 $\pm$ 2,72	0,18 $\pm$ 0,36	0,36 $\pm$ 0,67	44,88 $\pm$ 34,69
Noviembre		6,01 $\pm$ 6,09	1,39 $\pm$ 1,37	1,44 $\pm$ 0,99	0,48 $\pm$ 0,35	0,41 $\pm$ 0,44	11,01 $\pm$ 9,35
Febrero		9,40 $\pm$ 3,94	1,52 $\pm$ 1,41	1,63 $\pm$ 0,38	0,55 $\pm$ 0,43	0,94 $\pm$ 0,45	19,59 $\pm$ 7,16
Mayo		6,12 $\pm$ 3,68	0,08 $\pm$ 0,09	0,91 $\pm$ 0,48	0,33 $\pm$ 0,24	0,17 $\pm$ 0,22	24,52 $\pm$ 6,90

KW: Kruskal-Wallis;  $\bar{X}$ : Media; DE: Desviación estándar

Apéndice 2.- Análisis de varianza no paramétrico por el método de Kruskal-Wallis del metal Cd

Meses	Tamaño de la muestra	Rango promedio	$\bar{X} \pm \text{DE}$	Contraste	K-W	P-valor	en <i>Arca zebra</i>
Noviembre	24	30,3750	6,01 $\pm$ 6,09	Contraste	<b>39,86***</b>	1,172x10 <sup>-8</sup>	recol
Mayo	24	35,0833	6,12 $\pm$ 3,68	X			ectad
Febrero	24	52,4168	9,40 $\pm$ 3,94	X	<b>34,05***</b>	1,938x10 <sup>-7</sup>	a en
Agosto	24	76,1250	22,49 $\pm$ 15,94	X X			la Isla
Noviembre	24	41,75	1,44 $\pm$ 0,99	X X			Carib
Febrero	24	59,46	1,63 $\pm$ 0,38	X			e,
Agosto	24	67,92	3,35 $\pm$ 2,72	X			Guay

acán, estado Sucre, Venezuela, durante el periodo de agosto y noviembre de 2006 y febrero y mayo de 2007.

KW: Kruskal-Wallis; X: Media; DE: Desviación estándar

Apéndice 3.- Análisis de varianza por el método de Kruskal-Wallis del metal Cu en *Arca zebra* recolectada en la Isla Caribe, Guayacán, estado Sucre, Venezuela, durante el periodo de agosto y noviembre de 2006 y febrero y mayo de 2007.

KW: Kruskal-Wallis; X: Media; DE: Desviación estándar

Mayo	24	31,90	0,08±0,09	X	<b>17,62***</b>	0,000526	Apéndice 4.- Análisis de varianza
Agosto	24	43,13	1,25±2,41	X			
Noviembre	24	58,38	1,39±1,37	X			
Febrero	24	60,60	1,52±1,41	X			

za por el método de Kruskal-Wallis del metal Cr en *Arca zebra* recolectada en la Isla Caribe, Guayacán, estado Sucre, Venezuela, durante el periodo de agosto y noviembre de 2006 y febrero y mayo de 2007.

KW: Kruskal-Wallis; X: Media; DE: Desviación estándar

Apéndice 5.- Análisis de varianza por el método de Kruskal-Wallis del metal Zn en *Arca zebra* recolectada en la Isla Caribe, Guayacán, estado Sucre, Venezuela, durante el periodo de agosto y noviembre de 2006 y febrero y mayo de 2007.

Meses	Tamaño de la muestra	Rango promedio	$\bar{X} \pm DE$	Contraste	KW	P-valor	KW: Kruskal-Wallis, X:
Noviembre	24	23,2917	11,01±9,35	X	<b>33,37***</b>	2,69x10 <sup>-7</sup>	
Febrero	24	44,6667	19,59±7,16	X X			
Mayo	24	61,125	24,52±6,90	X			
Agosto	24	64,9167	44,88±34,69	X			

media, DE: desviación estándar

Apéndice 6.- Análisis de varianza por el método de Kruskal-Wallis del metal Ni en *Arca zebra* recolectada en la Isla Caribe, Guayacán, estado Sucre, Venezuela, durante el periodo de agosto y noviembre de 2006 y febrero y mayo de 2007.

Meses	Tamaño de la muestra	Rango promedio	$\bar{X} \pm DE$	Contraste	K-W	P-valor
Agosto	24	27,5417	0,18±0,36	X	<b>20,59***</b>	0,00013
Mayo	24	48,7083	0,33±0,24	X		
Noviembre	24	57,8333	0,48±0,35	X		
Febrero	24	59,9167	0,55±0,43	X		

KW: Kruskal-Wallis,  $\bar{X}$ : media, DE: desviación estándar

Apéndice 7.- Análisis de varianza por el método de Kruskal-Wallis del metal Pb en *Arca zebra* recolectada en la Isla Caribe, Guayacán, estado Sucre, Venezuela, durante el periodo de agosto y noviembre de 2006 y febrero y mayo de 2007.

Meses	Tamaño de la muestra	Rango promedio	$\bar{X} \pm DE$	Contraste	K-W	P-valor
-------	----------------------	----------------	------------------	-----------	-----	---------

Mayo	24	33,8958	0,17±0,22	X	<b>34,14***</b>	1,85x10 <sup>-7</sup>
Agosto	24	36,25	0,36±0,67	X		
Noviembre	24	48,7708	0,41±0,44	X		
Febrero	24	75,0833	0,94±0,45	X		

KW: Kruskal-Wallis,  $\bar{X}$ : media, DE: desviación estándar

Apéndice 8.- Relación entre la concentración de Cd, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn ( $\mu\text{g/g}$ . peso seco) y la longitud (mm) de la concha en *Arca zebra* de la Isla Caribe, estado Sucre, Venezuela. Durante el periodo de agosto y noviembre de 2006 y febrero y mayo de 2007. Donde X es la concentración y Y es la longitud.

Metal	Ecuación de Regresión $Y=aX^b(\text{Log}_{10} Y= \text{Log}_{10} a+b \text{Log}_{10} X)$	GL	Correlación	Fs	P
Cd	1,92263 - 0,137136*Log 10Cd	3	-0,560485	43,98***	0,0000
Cr	1,78175 - 0,0832277*Log 10Cr	3	-0,36730	11,86*	0,0002
Cu	1,83536 - 0,237224*Log 10Cu	3	-0,712858	97,12***	0,0000
Ni	1,77204 - 0,0970587*Log 10Ni	3	-0,3946	17,34**	0,0001
Pb	1,78175 - 0,0832277*Log 10Pb	3	-0,334748	11,86***	0,0009
Zn	1,9794 - 0,141859*Log 10Zn	3	-0,534814	37,66***	0,0000

# Hoja de Metadatos



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

## Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias	Biología

## Resumen (abstract):

Se determinó la concentración de Cd, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn en ejemplares de *Arca zebra* de la Isla Caribe, estado Sucre, Venezuela. Para lo cual se efectuaron muestreos durante los meses de agosto y noviembre del 2006, y febrero y mayo del 2007. Además, se evaluaron los parámetros físico-químicos: temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto, nitrito, amonio y clorofila *a*, durante los meses de octubre y noviembre de 2006 y febrero y abril de 2007. Los metales fueron evaluados en el tejido blando seco degradado con ácido nítrico a través de espectrofotometría de absorción atómica, utilizando material de referencia certificado. Los parámetros como el nitrito, amonio y clorofila *a* fueron determinados por espectrofotometría, mientras que la temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto se evaluaron a través de la utilización de equipos de campo. Las concentraciones de los metales estudiados presentaron diferencias altamente significativas durante los meses muestreados, donde la mayor concentración de Cd, Cu y Zn se observó durante el mes de agosto, que corresponde al periodo de no surgencia, donde principalmente influyen las escorrentías de ríos cercanos. Mientras que el Cr, Ni y Pb mostraron sus niveles mal altos en febrero, asociándose presumiblemente este comportamiento con el fenómeno de surgencia, que remueve contaminantes desde los sedimentos hacia las columna de agua. Todos estos elementos, parecen estar afectados por factores como la temperatura, pH, nitrito, amonio y clorofila *a*, que presentaron variaciones durante la época de no surgencia y surgencia. Sólo los niveles de Cd y Cr excedieron los límites permisibles para el consumo humano según la norma COVENIN y la “Urban Services Department Headquarters” (Departamento Sede de los Servicios Urbanos) de Japón, respectivamente. Las concentraciones de los metales pesados en *A. zebra* son afectados por la talla del organismos, ya que los especímenes de menor tamaño presentaron las concentraciones más elevadas de los metales, en especial el Cu y Zn. Los valores de Cd y Cr encontrados por encima de los límites permisibles proporcionan información sobre la posible existencia de fuentes de contaminación en la Isla Caribe, lo que indica un grado de peligrosidad para los consumidores, en especial para los humanos.

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

## Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Lemus Barrios Mairin	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input checked="" type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	mlemus@sucre.udo.edu.ve
	e-mail	
María Valentina Fuentes	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
Edgar Zapata	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

## Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2008	07	18

Lenguaje: SPA

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

### Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis_AAA.doc	APPLICATION/Word

### Alcance:

**Espacial :** Sucre (Opcional)

**Temporal:** Temporal (Opcional)

**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 del Núcleo de Sucre

