



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

VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE METALES PESADOS EN DIFERENTES
ESTADÍOS REPRODUCTIVOS DEL BIVALVO *Atrina seminuda* DE LA
LOCALIDAD DE GUAYACÁN, ESTADO SUCRE, VENEZUELA

(Modalidad: Tesis de Grado)

AURELINA MARÍA CORTECIA CORTECIA

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADA EN BIOANÁLISIS

CUMANÁ, 2012

VARIACION DEL CONTENIDO DE METALES PESADOS EN DIFERENTES
ESTADÍOS REPRODUCTIVOS DEL BIVALVO *Atrina seminuda* DE LA
LOCALIDAD DE GUAYACÁN, ESTADO SUCRE, VENEZUELA

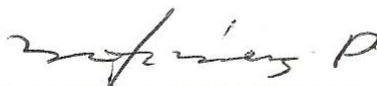
Aprobado por:



Dra. Marín Lemus
Asesora



Jurado
Prof(a): Luisa Rojas



Jurado
Prof(a): Mayré Jiménez

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
LISTA DE TABLAS	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
INTRODUCCIÓN	1
Área de estudio y muestreo de organismos	6
Determinación de los parámetros físico-químicos del agua	6
Temperatura, pH y oxígeno disuelto	7
Clorofila <i>a</i>	7
Tratamiento de las muestras	7
Análisis de metales	8
Análisis estadístico	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
Parámetros fisicoquímicos	11
Índice gonadosomático (IGS) en <i>A. seminuda</i>	13
Variación estacional de los metales Cu, Cd, Cr, Ni y Pb en los tejidos del bivalvo <i>A. seminuda</i>	14
Variación estacional de la concentración de metales (Cu, Cd, Cr, Pb y Ni) en hembras y machos en el bivalvo <i>A. seminuda</i>	19
Variación estacional de la concentración de Fe y Zn en <i>A. seminuda</i>	22
Concentración de Cu, Cd, Cr, Pb, Ni, Fe y Zn en machos y hembras de <i>A. seminuda</i>	24
Relación entre el Índice gonadosomático (IGS) y la bioacumulación de metales en <i>A. seminuda</i>	27
CONCLUSIONES	30
BIBLIOGRAFÍA	31
APÉNDICES	38
HOJA DE METADATOS	40

DEDICATORIA

A:

Jehová, por seguir regalándome la dicha de estar con vida; y darme la capacidad de afrontar situaciones difíciles.

Mis padres, en especial a mi mamá Martina Cortecía, por su apoyo incondicional. Este logro también es tuyo.

Mi asesora, Dra. Mairín Lemus, por su generosidad al brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia científica en un ambiente de confianza y amistad, fundamentales para el desarrollo de este trabajo de investigación.

El que nunca dudó que lograría este triunfo, †Wilfren José Acosta Cortesía, tu pronta e inesperada partida me dejó una gran tristeza, siempre te recordaré con tu buen ánimo ante la vida, que me impulsan a seguir adelante a pesar de las adversidades.

Mis abuelos, †Isabel Cortecia y Cruz Malavé, por demostrarme que partiendo de una vida modesta y sencilla se puede salir adelante con constancia y dedicación.

El maestro, Antonio López, por haber fomentado en mí el deseo de superación y anhelo de triunfo en la vida.

Mis sobrinos: Marco, Luis, Jeanmelys, Abel, José y Karla; por brindarme sus sonrisas y alegrías que muchas veces me ayudaban a retomar el ánimo, esperando que este logro les sirva de ejemplo a seguir.

AGRADECIMIENTOS

A:

Dios, por permitirme hacer realidad este sueño, por tu inmenso amor y por colocarme en el camino a las personas adecuadas. Este logro es para ti Jehová.

Mis padres, gracias por todo su apoyo y dedicación para conmigo.

Mi asesora, Dra. Mairín Lemus, gracias por haber depositado su confianza en mí para la realización de este trabajo de investigación.

Los técnicos, José Luis Prin y Henry Astudillo, por su gran colaboración y ayuda en la determinación de metales.

Mis compañeras de tesis: Yldemar, Xiomara y Dayana; por el apoyo prestado y por compartir inquietudes, éxitos y fracasos durante la realización de la fase experimental.

Mi tía, Zoila Cortesía, por su gran bondad y generosidad, mi ejemplo a seguir.

Mis amigas: Corina, Cardys y Mariela, por siempre hacerme reír y apoyarme en los momentos no tan gratos en lo largo de la carrera.

Todos mis profesores, no sólo de la carrera sino de toda la vida porque de alguna manera forman parte de lo que soy ahora.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Longitud de onda, sensibilidad y límites de detección para los metales analizados por espectroscopía de emisión óptica de plasma inductivante.....	9
Tabla 2. Parámetros físico-químicos del agua de mar de la localidad de Guayacán, Península de Araya, estado Sucre, durante los meses febrero, abril, mayo y junio de 2010.....	11
Tabla 3 Valores máximos permisibles de los metales zinc, cobre, cadmio, cromo, plomo y níquel en bivalvos para el consumo humano.....	24

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización geográfica del área de muestreo en el norte de la Península de Araya, estado Sucre, Venezuela.....	6
Figura 2. Variación del índice gonadosomático de <i>Atrina semida</i> en machos y hembras en los meses de muestreo.	13
Figura 3. Variación de la concentración de cadmio, cromo, cobre, níquel y plomo ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ peso seco) en los tejidos del bivalvo <i>Atrina seminuda</i> de la localidad de Guayacán, Península de Araya, estado Sucre	14
Figura 4. Variación de la concentración de cadmio, cromo, cobre, níquel y plomo ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ peso seco) en hembras y machos del bivalvo <i>Atrina seminuda</i> de la localidad de Guayacán, Península de Araya, estado Sucre.....	20
Figura 5. Variación de la concentración de hierro y zinc ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ peso seco) en el hepatopáncreas del bivalvo <i>Atrina seminuda</i> ; hembras y machos de la localidad de Guayacán, Península de Araya, estado Sucre	23
Figura 6. Variación de la concentración de metales cadmio, cromo, cobre, níquel y plomo ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ peso seco) en hembras y machos del bivalvo <i>Atrina seminuda</i> de la localidad de Guayacán, Península de Araya, estado Sucre.....	26
Figura 7. Variación de la concentración hierro y zinc ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ peso seco) en hembras y machos en el hepatopáncreas del bivalvo <i>Atrina seminuda</i> de la localidad de Guayacán, Península de Araya, estado Sucre.....	27
Figura 8. Análisis de regresión simple entre el índice gonadosomático (%) y la bioacumulación de metales en <i>Atrina seminuda</i> de la localidad de Guayacán península de Araya, estado Sucre; durante los meses de muestreo.	28

RESUMEN

Se evaluaron los niveles de metales pesados en ejemplares machos y hembras del bivalvo *Atrina seminuda*, colectados en la localidad de Guayacán, estado Sucre, durante los meses de febrero, abril, mayo y junio del 2010. Se determinaron los parámetros físico-químicos del agua: temperatura, pH y oxígeno disuelto. Las concentraciones de cobre (Cu), cadmio (Cd), cromo (Cr), níquel (Ni), plomo (Pb), hierro (Fe) y zinc (Zn) se determinaron en los tejidos: gónada (G), músculo (M), hepatopáncrea (H) y resto (R) medidas por espectroscopía de emisión de plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES) acoplado a un equipo marca Perkin Elmer y expresadas en $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ peso seco. Los datos fueron analizados estadísticamente por el test de Kruskal Wallis. Los valores de temperatura, pH y oxígeno disuelto en los meses de febrero y abril fueron menores en relación a los meses de mayo y junio; mientras que los valores de clorofila *a* presentaron un comportamiento diferente; con su máximo valor en el mes de febrero, que luego fue en descenso en los meses posteriores (abril, mayo y junio). Los resultados del índice gonadosomático (IGS) presentaron diferencias estadísticamente significativas ($K_w=31,68$; $P < 0,01$); obteniéndose los valores más altos en el mes de febrero ($19,67 \pm 0,43$); y el mínimo en junio, con un valor promedio de $13,26 \pm 0,43$. Estos resultados sugieren que la especie *A. seminuda* presenta estadíos de máxima actividad reproductiva en los meses de febrero y mayo. Las concentraciones de metales presentaron diferencias significativas en todos los tejidos analizados; observándose en general una mayor acumulación en H; a excepción del Ni y Cd; los cuales se acumularon en mayor proporción en R. En el músculo, la concentración de metales se mantuvo baja con respecto a los otros tejidos. La concentración de metales en ejemplares hembras presentaron diferencias mensuales estadísticamente significativas para los metales Cu ($K_w=12,98$; $P < 0,05$), Cd ($K_w=19,77$; $P < 0,05$), Cr ($K_w=14,71$; $P < 0,05$) y Ni ($K_w=41,09$; $P < 0,05$); mientras que en los machos, los metales que mostraron diferencias significativas corresponden a: Cu ($K_w=11,30$; $P < 0,05$), Cd ($K_w=12,27$; $P < 0,05$), y Ni ($K_w=22,62$; $P < 0,05$); los metales Fe y Zn mostraron diferencias significativas para las hembras ($K_w=9,05$; $P < 0,05$ y $K_w=10,5$; $P < 0,05$, respectivamente); mientras que en los machos no se observaron diferencias estadísticamente significativas. Estas variaciones mensuales en los metales analizados; puede ser explicado por la biodisponibilidad de estos elementos determinada en parte por la surgencia en el área nor-oriental del país y por la variación durante estos meses del ciclo reproductivo de la especie estudiada. En relación a la variación de metales entre hembras y machos no se presentaron diferencias estadísticamente significativas. El análisis de regresión simple entre el IGS y la bioacumulación de metales fue negativa y estadísticamente significativa sólo para Cd ($P < 0,05$) y Pb ($P < 0,05$).

INTRODUCCIÓN

El rápido desarrollo industrial y el crecimiento poblacional ha traído como consecuencia niveles de contaminación muy elevados y daños en el medio acuático, debido a que en él se depositan una gran variedad de residuos orgánicos e inorgánicos (Salamanca *et al.*, 2004). Algunos desechos industriales y municipales le llegan por medio de los ríos, otros se descargan directamente en el mar abierto; los ríos también transportan contaminantes de la minería, agricultura y de otras actividades humanas; siendo los metales pesados los que constituyen los principales elementos inorgánicos contaminantes (Narváez, 2003). Frecuentemente, las zonas costeras, son perturbadas por residuos, tanto orgánicos como inorgánicos asociados a las actividades industriales y urbanas que se desarrollan en su entorno (Salamanca *et al.*, 2004).

Desde un punto de vista ambiental, las zonas costeras pueden ser consideradas como el espacio geográfico de interacción entre ecosistemas marinos y terrestres, lo cual es de gran importancia para la sobrevivencia de una gran variedad de especies marinas (Beldi *et al.*, 2006).

Entre los contaminantes, los metales son altamente tóxicos por su gran persistencia y fácil incorporación a la biota. El mecanismo por medio del cual estos metales son incorporados en un organismo se denomina bioacumulación, y no es más que la entrada del tóxico a sus diferentes compartimientos celulares (Odum y Sarmiento, 1998).

La bioacumulación de metales en los organismos marinos implica procesos complejos, ya que los metales disueltos suelen asociarse con ligandos orgánicos o inorgánicos y, en menor cantidad, se pueden encontrar como iones libres. Los metales ligados o libres pueden ser transportados a través de la membrana celular del epitelio digestivo y otras superficies permeables mediante una gran variedad de mecanismos de transporte activos o pasivos (transportadores de membrana, permeabilización lipídica, canales y bombas iónicas, pinocitosis, endocitosis, entre otros). La mayoría de los iones

atraviesan las membranas por difusión pasiva a favor de gradiente, con la intervención de proteínas transportadoras (Simkiss y Taylor, 1989).

Los moluscos son conocidos por tolerar y acumular altas concentraciones de contaminantes metálicos y orgánicos en la glándula digestiva (Domouhtsidou y Dimitriadis, 2000) por lo que, las variaciones estacionales de muchos metales en este órgano se incrementan notablemente tras los períodos de puesta, en relación al peso total, ya que usan como mecanismo de regulación el almacenamiento de los tóxicos en el hepatopáncreas (Beiras *et al.*, 2003). Esta bioacumulación depende de factores bióticos; fundamentalmente, la especie, edad, actividad reproductiva y talla del molusco; asimismo, intervienen factores abióticos tales como la época del año, salinidad, temperatura, presencia de otros metales en el agua y también, la especiación química de los diferentes metales (Klaassen, 2001; Wang, 2001).

Los moluscos bivalvos, principalmente los mejillones, son conocidos por acumular y concentrar altos niveles de metales pesados, siendo los organismos mayormente empleados como biomonitores de la contaminación del ambiente marino a nivel mundial (Acosta y Lodeiros, 2004; Ferreira *et al.*, 2004; Narváez *et al.*, 2005; Rojas *et al.*, 2009, Lemus *et al.*, 2010), por ser sedentarios y alimentarse principalmente por filtración (Barnes *et al.*, 1996). De igual forma, son conocidos y apreciados por su gran valor culinario, constituyendo un alimento casi completo dentro de la dieta humana (Gamallo *et al.*, 1992). Por ello, los mejillones son considerados como biomonitores acuáticos ideales y han sido utilizados, en diversos programas, para monitorear polución en muchas partes del mundo (Nicholson y Lam, 2005).

Los moluscos bivalvos son generalmente de cuerpo blando protegidos por dos valvas o conchas calcáreas de igual forma y tamaño, como el mejillón y la almeja o distintas, como en la ostra y la vieira; viven próximos o en el fondo del mar o de los estuarios; en general, viven fijos sobre un soporte de forma definida, enterrados en sustratos y algunos, pueden llevar una vida más libre (Ahumada *et al.*, 2002). Los bivalvos alcanzan la madurez sexual a partir del primer año de edad, la mayoría tiene

sexos separados, excepto algunas especies de pectínidos que son hermafroditas. Los miembros de la familia *Pinnidae*, a la que pertenece *Atrina seminuda*, viven generalmente en aguas de temperaturas cálidas en bahías y lagunas costeras con fondos constituidos de arena fina y/o praderas de *Thalassia testudinum*. Estos bivalvos dominan la comunidad bentónica en los sitios donde habitan, formando densos bancos de tamaño y persistencia variable (Ahumada *et al.*, 2002). Se encuentran distribuidos en el Atlántico Occidental desde Carolina del Norte hasta Argentina (Lodeiros *et al.*, 1999). Son organismos bentónicos filtradores omnívoros, su dieta se basa en el consumo de fitoplancton, zooplancton y detritus. Se localizan en profundidades que van desde 0,5 a 15,0 metros. Sus depredadores comunes son pulpos, jaibas cangrejos, caracoles y algunos peces (Ruiz-Dora, 1999).

En los bivalvos marinos, la reproducción es cíclica y estos ciclos reproductivos pueden ser anuales, semianuales o continuos, dependiendo de las especies y su localización; la duración de la actividad reproductora pueden estar determinados por una interacción entre factores exógenos, como temperatura, alimento, fotoperiodo y salinidad, y factores endógenos de tipo endocrino y neuronal (Martínez y Pérez, 2003).

Atrina seminuda presenta una clara evidencia de sexos separados, observándose gónadas de color naranja para las hembras y crema para los machos, desarrollando actividad reproductiva durante casi todo el año con varios períodos reproductivos intensos (junio-julio, septiembre-noviembre y febrero) así como una gametogénesis durante todo el año, un comportamiento de tipo asincrónico (Córdova, 2006). Es una especie que puede llegar a alcanzar 200 mm de longitud, su concha es más ancha en su extremo superior y es de color variado, oscilando desde marrón oscuro hasta verdoso, con 10 a 20 hileras radiales con proyecciones espinosas tubulares y ligeramente curvadas (Lodeiros *et al.*, 1999).

Evaluar la incorporación de metales pesados en un organismo provee una información importante, ya que permite estimar el posible impacto ambiental que estos

elementos pueden producir en los ecosistemas acuáticos. En el Caribe, se han realizado algunos trabajos sobre ecotoxicología en moluscos bivalvos, específicamente en bioacumulación y determinación de tóxicos en los tejidos y su relación con el estado fisiológico de los organismos (Gómez *et al.*, 1998; Villegas, 2000; Acosta, 2001; Rojas *et al.*, 2009; Lemus *et al.*, 2010).

Los metales no-esenciales, como el cadmio (Cd) y el mercurio (Hg), pueden inhibir una variedad de actividades metabólicas y pueden ser perjudiciales para los procesos celulares. Esto también ocurre cuando los metales esenciales como el zinc (Zn) y cobre (Cu) están presentes por encima del umbral específico (Pérez *et al.*, 2001). Se ha demostrado que estos elementos, producen complejos con sustancias orgánicas que conducen a un desequilibrio metabólico que originan una reducción de la energía destinada para el crecimiento corporal (Mount y Stephan, 1997). Debido a ello, el estudio de los niveles de toxicidad, comportamiento y acumulación de los metales tóxicos en los tejidos de bivalvos, particularmente en mejillones ha ocupado un lugar preferencial en los estudios ecotoxicológicos (Narváez, 2003).

En las costas de Venezuela, existe una gran variedad de ecosistemas marinos que se caracterizan por ser muy productivos, lo cual les confiere una gran importancia económica; no obstante, el hombre ha causado daños progresivos en este medio, de forma que los índices de contaminación han alcanzado niveles alarmantes, generando en el mundo científico una gran preocupación que ha dado inicio, a una corriente de pensamiento tendente a la preservación de las condiciones ambientales (Pereira *et al.*, 2006).

Los moluscos bivalvos se han empleado como monitores biológicos, específicamente en la región nororiental de Venezuela, siendo de reciente estudio el uso de *Perna viridis* como centinela para metales pesados (Rojas *et al.*, 2002; Acosta y Lodeiros, 2004; Rojas *et al.*, 2009; Lemus *et al.*, 2010).

Lemus *et al* (2010) determinaron las concentraciones de los metales pesados zinc (Zn), cobre (Cu), cadmio (Cd), cromo (Cr), plomo (Pb) y níquel (Ni) en machos y

hembras de *P. viridis*; estos autores reportaron que las concentraciones promedios de estos metales estuvieron afectadas por los patrones de lluvia y sequía en la región nor-oriental de Venezuela. Sin embargo, los trabajos de biomonitorio en Venezuela son pocos, a pesar de que estos moluscos son usados frecuentemente para el consumo humano y, en consecuencia, son de importancia comercial; se encuentran pocos datos de concentraciones de metales pesados, en términos de línea base, para poder realizar una evaluación de impacto ambiental, lo cual hace necesario la generación de valores basales que permitan realizar la gestión de los recursos biológicos, para el desarrollo sostenido y la evaluación de recursos naturales.

En el presente trabajo se evaluó la variación durante los meses febrero, abril, mayo y junio de las concentraciones de metales tanto en machos como en hembras de *Atrina seminuda*, con el fin de establecer la bioacumulación de metales en diferentes meses del año para esta especie.

METODOLOGÍA

Área de estudio y muestreo de organismos

Se realizaron cuatro muestreos en un banco natural de la localidad de Guayacán (febrero, abril, mayo y junio del 2010), situada en la costa norte de la Península de Araya, estado Sucre, Venezuela a $64^{\circ}00'00''$ N y $11^{\circ}35'00''$ O (Fig.1). Los ejemplares de *A. seminuda* fueron recolectados por buceo libre a una profundidad entre 2 a 4 m; luego, se colocaron en bolsas plásticas dentro de una cava con hielo, para ser trasladados al Laboratorio de Ecotoxicología del Centro de Investigaciones Ecológicas de Guayacán (CIEG), donde se almacenaron a -4°C hasta su procesamiento.

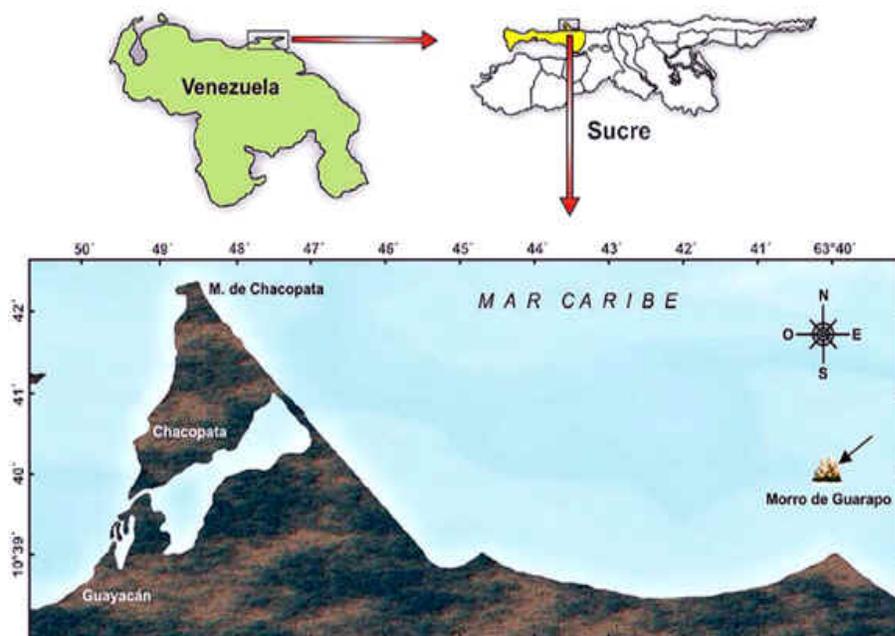


Figura 1. Localización geográfica del área de muestreo en el norte de la Península de Araya, estado Sucre, Venezuela.

Determinación de los parámetros físico-químicos del agua

En cada muestreo se tomó agua de la zona de estudio con unas botellas Niskin de 100 y 150 ml y se colocaron en un contenedor opaco para transportarla al laboratorio donde se realizaron las determinaciones de clorofila *a*. La temperatura, pH y oxígeno disuelto se determinaron en el campo.

Temperatura, pH y oxígeno disuelto

Estos parámetros se determinaron durante los meses de muestreo (febrero, abril, mayo y junio del 2010). La temperatura fue medida a través de un termómetro ambiental YSI de 0,1°C de apreciación. Las mediciones de pH se realizaron utilizando un pH-metro de campo Jenway 3071 de apreciación 0,1 y el oxígeno disuelto fue determinado empleando un oxigenómetro YSI de 0,01 mg/l de apreciación.

Clorofila *a*

Un litro de agua fue filtrada, utilizando papel Whatman GF/C, que retuvo partículas de talla superior a 0,5-1,0 μm . La técnica del filtrado consistió en colocar el papel sobre el soporte del filtro para aplicar vacío y se filtró la muestra tomando precaución de agitarlas para recuperar todas las partículas; seguidamente se lavó el embudo de filtración con un poco de agua de mar filtrada, eliminando toda el agua del filtro para luego ser almacenado en el tubo previsto y colocarse al abrigo de la luz. Posteriormente a la filtración, se extrajo el pigmento para lo cual, se introdujo el filtro en un tubo de centrifugación y se añadió 10 ml de solvente de extracción (acetona al 90%). El filtro fue triturado con la ayuda de una barra de vidrio para proceder a tapar y agitar con el fin de dispersar las fibras (se dejó que la extracción continuara durante dos horas en la oscuridad y en el refrigerador). Inmediatamente, se centrifugó durante 1 minuto y los tubos se retiraron de la centrifuga para hacer caer las fibras de vidrios que se adhirieran a las paredes por encima de las superficies de éste, con un ligero movimiento de agitación. Posteriormente, se centrifugó durante 5 a 10 minutos a 3 000 - 4 000 rpm tomando en cuenta que los tubos debieron estar tapados para evitar la evaporación. Finalmente, se midió la absorbancia a 665 y 750 nm. Las concentraciones son expresadas en $\mu\text{g/l}$ (Senior, 1987).

Tratamiento de las muestras

Cada organismo se limpió cuidadosamente de las adherencias en la concha y fueron lavados varias veces con agua desionizada para evitar posibles contaminantes

externos. Se determinó la longitud de la concha (desde la charnela hasta el borde ventral) con un vernier digital Mytutoyo de 0,01 mm de apreciación, estableciéndose un grupo de talla homogénea.

Los ejemplares fueron desbullados con una paleta de plástico, y eliminado su biso. Luego se clasificaron por sexo según la coloración de sus gónadas, ya que en las hembras es de color naranja y en los machos de color beige (Malavé y Prieto, 2005). Se agruparon las muestras de acuerdo al sexo, haciendo un total de 10 ejemplares por mes de muestreo.

El tejido blando de los organismos fue removido y lavado con agua desionizada, luego se procedió a disectarlos obteniendo de estos cuatro tejidos: gónada, músculo, hepatopáncreas y el resto del organismo; cada uno de los tejidos se colocaron en envases plásticos, previamente rotulados y pesados, determinándose la masa húmeda. Seguidamente, las muestras se introdujeron en un horno de secado eléctrico Felisa a 60°C por 48 horas, para deshidratarlas y así obtener el valor de su masa seca del tejido blando, con una balanza analítica Denver modelo TR204 de 0,001g de apreciación. Los envases plásticos fueron sellados y trasladados al Laboratorio de Ecofisiología del Instituto Oceanográfico de Venezuela, para la determinación de metales.

El índice gonadosomático (IGS) de cada ejemplar se determinó aplicando la siguiente ecuación:

$$IGS = \frac{\text{Peso gónada (g)}}{\text{Peso total (g)}} \times 100 \text{ (Maddock y Burton, 1998).}$$

Análisis de metales

Los organismos disectados y previamente secados con peso de tejidos entre 8 y 10 g fueron digeridas con 5 ml de ácido nítrico (HNO₃) por 24 horas, luego se colocaron en baño de María a 60 °C por 1 hora cuando se observó que la muestra quedó totalmente digerida. Posteriormente, se filtraron en papel Whatman N° 42 y aforadas hasta 25 ml con agua desionizada. La concentración de metales pesados en las muestras se evaluaron

por espectroscopía de emisión óptica de plasma inductivamente acoplado (ICP-OES) a un equipo, marca Perkin Elmer; modelo óptima 5300DV. Las concentraciones de Zn, Cu, Cd, Cr, Pb, Fe y Ni se determinaron a longitudes de onda específica para cada metal (Tabla 1). Para las curvas de calibración se utilizaron estándares de Zn, Cu, Cd, Cr, Pb, Fe y Ni que recibieron el mismo tratamiento que las muestras en el estudio y la precisión del método fue verificada utilizando el estándar de referencia de tejido, desarrollado por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnologías (NIST) en Canadá, Oyster Tissue 1566a; el cual es un material de referencia estandarizado usado en la instrumentación, calibración y validación metodológica para los análisis químicos elementales en bivalvos marinos y su nombre comercial es material de referencia estándar (SRM) 1566a Oyster tissues NIST; para lo cual se determinó recuperación para todos los metales por encima del 95%

Tabla 1. Longitud de onda, sensibilidad y límites de detección para los metales analizados por espectroscopía de emisión óptica de plasma inductivante.

Metal	Longitud de onda (nm)	Sensibilidad (mg/l)
Zinc	206,2	0,005
Cobre	327,4	0,001
Hierro	259,9	0,050
Cadmio	228,8	0,005
Cromo	357,8	0,005
Plomo	220,3	0,005
Níquel	341,5	0,002

Análisis estadístico

La variación en la concentración de los metales pesados entre tejidos y entre sexo durante los meses de muestreo fue evaluada mediante una prueba de análisis de varianza de dos vías; los datos obtenidos no cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas; por lo que fue necesario aplicar una prueba no paramétrica de Kruskal Wallis a un nivel de confianza del 95% y una prueba *a posteriori* de comparación de medias. Los resultados se representaron mediante gráficos de cajas y bigotes (Boyer *et al.*, 1997). La relación entre el índice gonadosomático y la

bioacumulación de metales se realizó mediante un análisis de regresión simple. Para estos análisis estadísticos se utilizó el programa computarizado STATGRAPHICS Plus versión 5.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros fisicoquímicos

Los datos mostrados en la tabla 2, reflejan que los valores de temperatura, pH y oxígeno disuelto en el mes de febrero fueron 24°C; 7,64 y 4,90 mg/l, respectivamente y en abril de 25,4°C; 7,65 y 5,31mg/l, respectivamente; los cuales estuvieron por debajo de los valores observados durante los meses de mayo (25,6°C; 7,70 y 5,28 mg/l) y junio (27,3°C; 7,89 y 6,30 mg/l). De forma contraria, el nivel de clorofila *a* presentó una dinámica diferente al observado en los otros parámetros, mostrando un valor de 9,89 µg/l durante el mes de febrero, que luego fue en descenso durante abril (5,39 µg/l), seguido por mayo (5,16 µg/l) y junio (3,90 µg/l). Estos hechos podrían resultar como consecuencia la presencia del fenómeno de surgencia, que en las costas nororientales se observan normalmente en los meses de febrero, marzo y abril.

Tabla 2. Parámetros fisico-químicos del agua de mar de la localidad de Guayacán, Península de Araya, estado Sucre, durante los meses febrero, abril, mayo y junio de 2010.

Parámetro	Febrero	Abril	Mayo	Junio
Temperatura (°C)	24	25,4	25,6	27,3
pH	7,64	7,65	7,70	7,89
Oxígeno disuelto (mg/l)	4,90	5,31	5,28	6,30
Clorofila <i>a</i> (µg/l)	9,89	5,39	5,16	3,90

El patrón observado para los parámetros fisicoquímicos en este estudio, ha sido señalado por otros autores (Aparacio *et al.*, 1999; Muller-Karger *et al.*, 1989). Lemus *et al.* (2010) reportaron, para la misma zona de este estudio, bajos niveles de temperatura en los meses de febrero y mayo, lo cual estuvo asociado a bajos valores de pH y oxígeno disuelto; también observaron durante el mismo período que, el nivel de clorofila *a* estuvo más elevado.

Durante el mes de junio se observa un comportamiento diferente a los meses febrero, mayo y abril, la temperatura sube asociada con un bajo nivel de clorofila; que

conlleva a la disminución del fitoplancton y materia orgánica, aumentando el oxígeno disuelto y el pH.

Se ha señalado que la zona de estudio está dentro del área de surgencia costera de la región nororiental que abarca toda la plataforma continental de esta zona del país. Sus aguas son las más productivas y las de mayor riqueza pesquera de toda el área del Mar Caribe, debido al hecho de que por la acción de los vientos alisios, que soplan paralelos a la costa, se produce una traslación de masas de aguas superficiales hacia el norte, las cuales son reemplazadas por aguas profundas de menor temperatura y que transportan nutrientes inorgánicos (abonos) que permiten la puesta en marcha del ciclo de la vida en el mar (Torres y Ruiz, 2003). Durante la surgencia se incrementa la producción primaria (clorofila *a*) y aumenta la materia orgánica en la columna de agua y su descomposición conlleva a altas demandas químicas y biológicas que disminuyen el oxígeno disuelto y el pH del área (Castañeda, 2006).

La temperatura y el pH son factores extrínsecos importantes que determinan la biodisponibilidad de los metales. La temperatura altera la configuración química de los metales en el agua de mar (Byrne *et al.*, 1988) y además altera la fisiología de los organismos (Lemus, 1992; Dame, 1996). Los cambios de temperatura implican cambios de pH y la tasa de reacción física o cinética en los cuerpos marinos (Byrne *et al.*, 1988; Blust *et al.*, 1994).

La presencia del período de surgencia desde febrero hasta el mes de abril genera un aumento en la materia orgánica y su descomposición conlleva a la liberación de algunos metales, siendo el aumento de la materia orgánica directamente proporcional con la concentración de ciertos metales en el medio y esto lo confirman Muller-Karger *et al.* (1989); Acosta y Lodeiros (2004). De igual forma al aumentar el fitoplancton (clorofila *a*) aumenta la fuente de alimento para los organismos filtradores como los bivalvos, favoreciendo la entrada de estos contaminantes por vía alimentaria (Wang *et al.*, 1996; Chong y Wang, 2001).

Índice gonadosomático (IGS) en *A seminuda*

El IGS es una medida para comparar el estado reproductivo en poblaciones; el mismo ha sido ampliamente usado en invertebrados marinos. Subrahmanyam (1963) fue el primero en usar este método en crustáceos para determinar el ciclo reproductivo anual de *Penaeus indicus*.

Los resultados del IGS obtenidos en este trabajo determinan que el grado de maduración gonadal en los meses muestreados varía significativamente para machos y hembras; en los que se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ($Kw=31,68$; $P < 0,01$); obteniéndose los valores más altos en el mes de febrero y el mínimo en junio (Figura 2). Estos resultados sugieren que la especie *A. seminuda* presenta estadios de máxima actividad reproductiva en los meses de febrero y mayo; donde los niveles de clorofila *a* se encuentran comprendidos entre $9,89 \mu\text{g/l}$ y $5,16 \mu\text{g/l}$, respectivamente; en dichos meses la especie presenta su máximo desarrollo gonadal; mientras que el mes de poca actividad reproductiva hallado en este estudio corresponde al mes de junio, en el cual el nivel de clorofila *a* cae con respecto a los meses anteriores (Tabla 2).

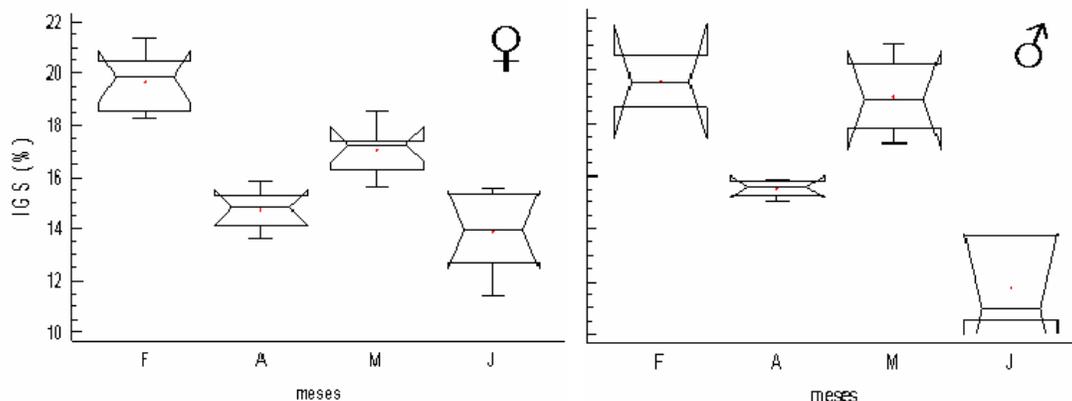


Figura 2. Variación del índice gonadosomático de *Atrina semida* en machos y hembras en los meses de muestreo. F: febrero; A: abril; M: mayo; J: junio; ♀: hembra y ♂: macho.

Variación estacional de los metales Cu, Cd, Cr, Ni y Pb en los tejidos del bivalvo *A. seminuda*

Las concentraciones de metales en *A. seminuda* presentaron diferencias significativas en los tejidos analizados. En este estudio se observó, en general una mayor acumulación de metales en el hepatopáncreas con respecto a los otros tejidos; a excepción del Ni y Cd; los cuales se acumularon en mayor proporción en el resto (Figura 3).

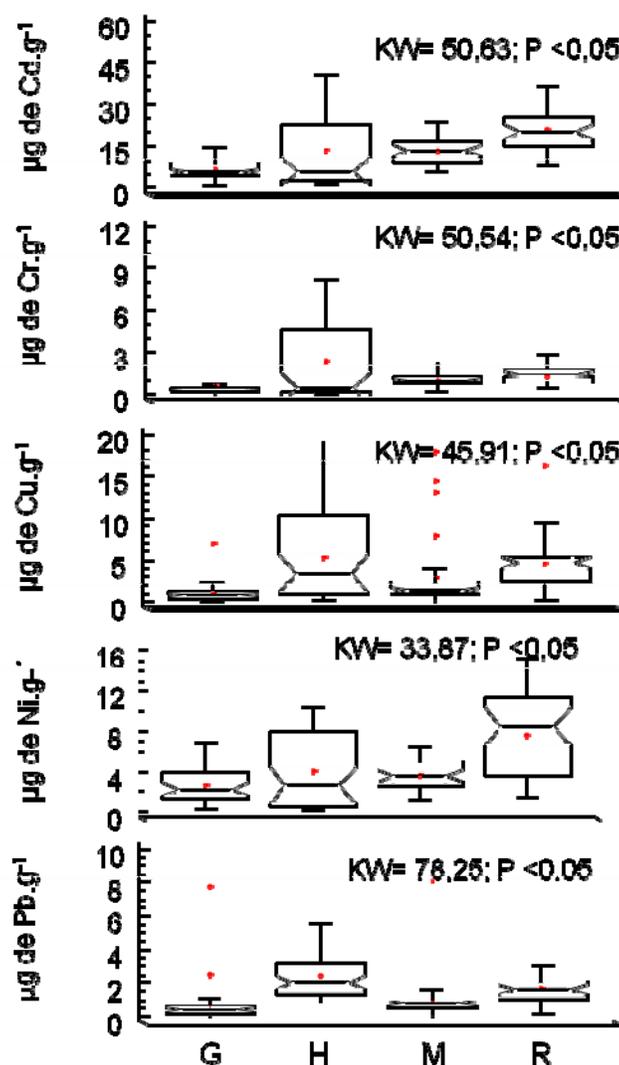


Figura 3. Variación de la concentración de cadmio, cromo, cobre, níquel y plomo ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ peso seco) en los tejidos del bivalvo *Atrina seminuda* de la localidad de Guayacán, Península de Araya, estado Sucre. Kw: Análisis de Kruskal Wallis; G: gónada;

H: hepatopáncreas; M: músculo y R: resto

El hepatopáncreas es un tejido importante para el metabolismo inorgánico de moluscos bivalvos, entre otras funciones está involucrado como sitio de síntesis de la hemocianina, que es una proteína presente en la hemolinfa de los invertebrados; tiende a acumular cobre y zinc; además de otros metales esenciales (Taylor y Antiss, 1999).

En el músculo, los valores de metales se mantuvieron bajos con respecto a los otros tejidos (Figura 3); este resultado concuerda con los encontrados por Rodríguez (2002) en *Emerita portorricencis*. Bryan (1966) en Depledge y Rainbow (1990) sugiere que los niveles de cobre y zinc en el músculo de los crustáceos decápodos pueden ser regulados debido a la contracción muscular y a la poca irrigación que presenta; mientras que en los otros tejidos el contenido de metales puede ser más variable.

Con respecto a la concentración de Cu en los tejidos, presentó diferencias significativas (KW= 45,91; P< 0,05). Su bioacumulación fue mayor en el hepatopáncreas con un valor promedio de $5,36 \pm 0,56 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (Figura 3) que es similar al reportado por Ferreira *et al.* (2004) en *Perna perna* ($6,13 \pm 0,70 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). Dicho valor se encuentra dentro de los límites establecidos por la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations. Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y Agricultura), para este tipo de molusco con $10,00 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. El Cu es un metal esencial que ingresa a los cuerpos de agua principalmente formando parte de los residuos industriales y minerales. Su característica de cofactor enzimático lo hace esencial para el metabolismo de los organismos ya que, participa en los procesos de transporte de electrones y como cofactor de diversas enzimas, pero es deletéreo si se encuentra en altas concentraciones.

La toxicidad o la deficiencia del cobre (Cu) en los animales depende de las interacciones con otros elementos traza como molibdeno (Mo) y zinc (Zn), sin los cuales el Cu no actúa en el metabolismo ni aumenta su efecto tóxico (Yap *et al.*, 2003). En este sentido, Sunda y Lewis (1978), establecieron que la biodisponibilidad y toxicidad del cobre en las algas, camarones, cangrejos, moluscos bivalvos y peces, puede ser reducida

tanto por la presencia de iones inorgánicos como por los quelantes orgánicos hallados en aguas naturales que forman complejos con el cobre o quelantes inorgánicos agregados al agua.

El Cd en los tejidos ($KW= 50,63$; $P< 0,05$) evidenció la mayor concentración en el tejido resto de los organismos (Figura 3); obteniéndose un valor promedio para este tejido de $(21,12 \pm 1,27 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$. Los organismos que consumen Cd pueden tener la presión sanguínea alta y lesiones en el hígado, los nervios y el cerebro. El Cd posee mejor capacidad para bioconcentrarse en tejidos; y para que este metal presente en agua sea absorbido o transportado a través de las membranas biológicas, se requiere que esté disponible y en forma disuelta (Camacho, 2007; Badillo, 2000).

El Cr y el Pb son también metales no esenciales; el primero es encontrado en el ambiente, en dos diferentes formas, trivalentes y hexavalente, siendo esta última la más soluble y tóxica, causando estrés oxidativo, daño al ADN y perturbación de la expresión genética de las especies acuáticas (Roling *et al.*, 2006; Lacma *et al.*, 2007). Por otro lado, el plomo en el medio ambiente marino se encuentra en múltiples formas químicas, aunque su mayor parte se encuentra en forma de especies inorgánicas de origen litogénico (no biodisponible), pero el plomo de origen antrópico puede ser biodisponible para el organismo (Acosta y Lodeiros, 2004); por lo que el Pb conjuntamente con el Cr, han sido catalogados por su alta toxicidad, y sólo deberían ser descargados al medio acuático con extremas medidas de mitigación y seguridad (Lacma *et al.*, 2007)

El Cr en los tejidos ($Kw=50,54$; $P<0,05$) presentó la mayor concentración en el hepatopáncreas (Figura 3); con un valor promedio de $2,41 \pm 0,27 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Este resultado se encuentra dentro de los niveles establecidos por la FDA ($13,00 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) para este metal; por lo que no representa un grave peligro en la salud de los consumidores de moluscos.

El Pb ($Kw= 78,25$; $P<0,05$) exhibió su máxima concentración en el hepatopáncreas ($2,47 \pm 0,20 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$); este resultado fue superior al encontrado por Tapia (2010) en *Ameghinomya antiqua* ($0,400 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), y a los encontrados por Ferreira *et al.*

(2004) en *Perna perna* ($0,400 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). Las diferencias reveladas, probablemente se deban a que en los lugares de estudio de las referencias citadas, los ejemplares no se hallaban expuestos a altas concentraciones de Pb. Este metal se acumula en los cuerpos de los organismos acuáticos, experimentando efectos en su salud por envenenamiento del mismo. De hecho, los crustáceos pueden verse seriamente afectados con pequeñas concentraciones (Demirak *et al.*, 2005; Dugo *et al.*, 2006); provocando problemas respiratorios, una baja habilidad para enfrentar las enfermedades, deformaciones, infertilidad y formaciones tumorales (Alquezar *et al.*, 2005).

Por otro lado, el Ni ($K_w = 33,87$; $P < 0,05$) tuvo una mayor acumulación en el resto (Figura 3); con un valor promedio de $4,10 \pm 0,48 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$; que se aproxima al resultado obtenido por Lemus *et al.* (2010) en *Perna viridis* ($3,53 \pm 2,52 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$); el cual no supera el límite de referencia ($80,00 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) establecido por la FDA; no representando por ende un potencial peligro para la salud de los consumidores de moluscos. Mance y Yates (1984) examinaron los datos sobre la toxicidad del Ni para los organismos de agua salada y no determinaron variación considerable de la sensibilidad en la fauna marina. Asimismo, se sabe que la bioacumulación del Ni en las cadenas alimentarias de los ecosistemas acuáticos no se produce (OMS 1991). No obstante, se ha informado que el Ni afecta la síntesis de proteínas de las membranas celulares en alto grado, lo que causa una reducción de la concentración total (Tkeshelashvili *et al.*, 1989).

Yap *et al.*, (2008), demostraron que las diferencias en la abundancia de metales entre los tejidos puede deberse a la depuración y la capacidad de unión de metales a los tejidos, ya que en los tejidos blandos, los metales están enlazados a metalotioninas, que juega un papel importante en la eliminación de los metales.

En este sentido, Arias *et al.*, (2001), indicaron que las diferencias entre las concentraciones de metales presentes en los ejemplares de una misma familia pudieran ser discutidas en base a la posibilidad de efectos genotípicos en la misma especie y su relación con la contaminación de la zona, va a depender también de la capacidad de los

diferentes organismos para biodegradar o eliminar los elementos tóxicos, además de los efectos nocivos sobre la salud humana a través de la cadena alimenticia.

Variación estacional de la concentración de metales (Cu, Cd, Cr, Pb y Ni) en hembras y machos en el bivalvo *A. seminuda*

Las concentraciones promedio de los metales Cu, Cd, Cr y Ni en muestras de tejidos secos en hembras de *A. seminuda* mostraron diferencias altamente significativas ($K_w= 12,98$; $P<0,05$; $K_w= 19,77$; $P< 0,05$; $K_w=14,71$; $P<0,05$ y $K_w= 41,09$; $P<0,05$, respectivamente), mientras que en los machos los metales que mostraron diferencias significativas corresponden a: Cu, Cd, y Ni ($K_w= 11,30$; $P< 0,05$; $K_w= 12,27$; $P<0,05$ y $K_w= 22,62$; $P< 0,05$, respectivamente) en los meses muestreados (Figura 4); lo cual puede ser explicado por la presencia del fenómeno de surgencia en el área nor-oriental de nuestro país y por la variación durante estos meses del ciclo reproductivo de la especie estudiada.

El Pb en ambos sexos no evidenció variación estadísticamente significativa en los meses de muestreo; obteniéndose mayores concentraciones en el tejido de los machos; mientras que el Cr presentó un comportamiento diferente ya que en los machos no evidenció diferencias estadísticamente significativas; sin embargo, en las hembras si se observaron resultados estadísticamente significativos (Figura 4).

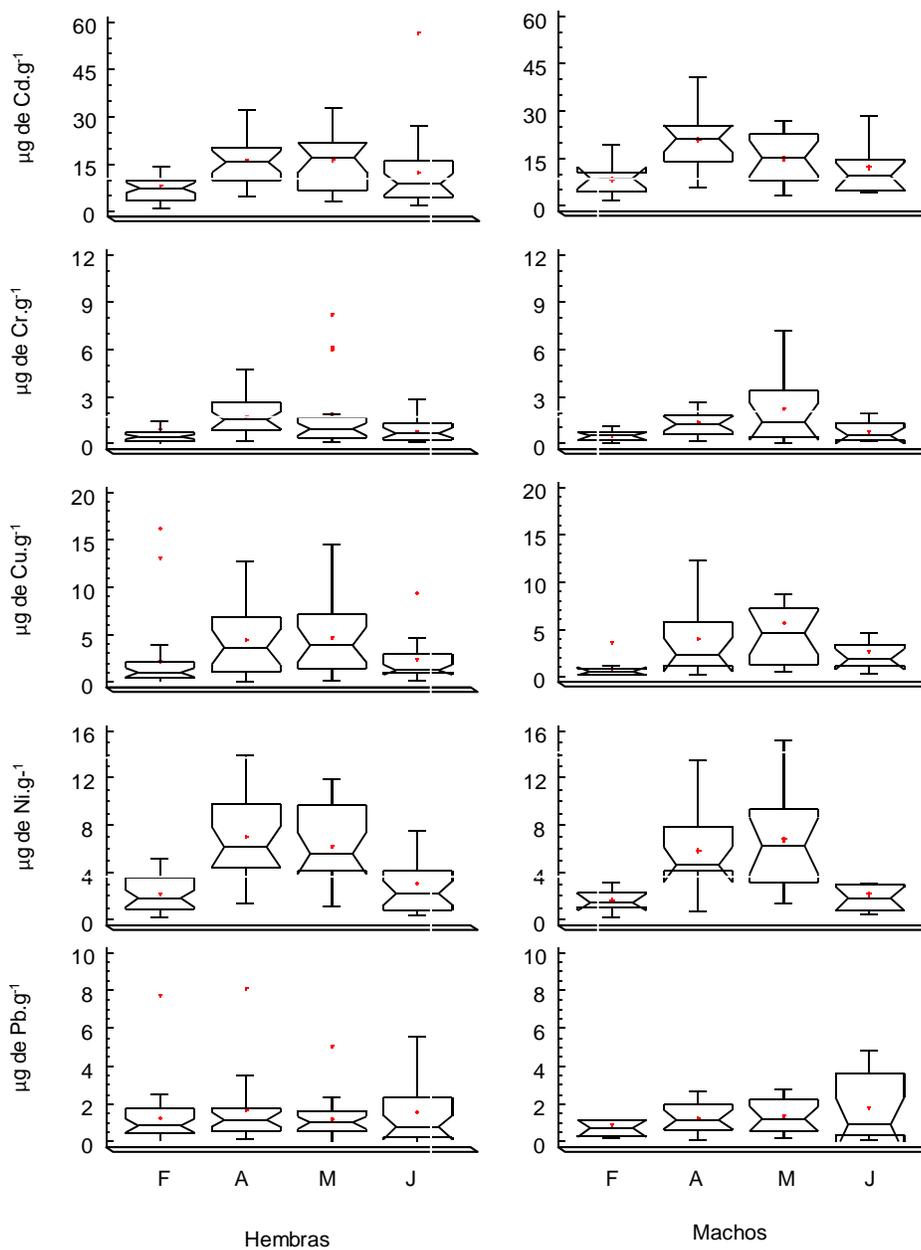


Figura 4. Variación de la concentración de cadmio, cromo, cobre, níquel y plomo ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ peso seco) en hembras y machos del bivalvo *Atrina seminuda* de la localidad de Guayacán, Península de Araya, estado Sucre. F: febrero; A: abril M: mayo; J: junio; Kw: Análisis de Kruskal Wallis, H: hembras: Cobre (Cu) Kw= 12,98 $P < 0,05$; cadmio (Cd) Kw= 19,77; $P < 0,05$; cromo (Cr) Kw= 14,71 $P < 0,05$; plomo (Pb) Kw= 1,45; $P > 0,05$; níquel (Ni) Kw= 41,09; $P < 0,05$; M: machos: Cu Kw= 11,30; $P < 0,05$; Cd Kw= 12,27; $P < 0,05$ Cr Kw= 5,92; $P > 0,05$; Pb Kw= 1,58; $P > 0,05$ y Ni Kw= 22,62; $P < 0,05$.

Aunque las hembras y machos de *A. seminuda* no muestran dimorfismo sexual; igual presenta sus diferencias internas; Córdova (2006) indica que el proceso reproductivo de este bivalvo distribuido en la costa norte de la península de Araya, depende directamente de la energía disponible del ambiente que es suficiente como para cubrir el gasto energético que demanda el proceso reproductivo (estrategia oportunista)

En este sentido, *A. seminuda* posee una clara evidencia de sexos separados, desarrollando actividad reproductiva durante casi todo el año, con varios períodos reproductivos intensos (septiembre-noviembre y febrero); así como una gametogénesis durante todo el año y un comportamiento de tipo asincrónico (Córdova, 2006). Al presentar patrones de desarrollo gonadal desiguales entre machos y hembras podría implicar diferencias en la bioacumulación de metales entre los géneros.

Los metales Cd, Cr y Cu evidenciaron mayor bioacumulación en machos en comparación con hembras; mientras que el Ni presentó mayor concentración en las hembras. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Lima (1997) en los que se encontraron diferencias significativas en los valores de Cu y Cd entre machos y hembras de *P. perna* en Río de Janeiro con la mayor concentración en los machos; sin embargo, difieren de los encontrados por Yap *et al.* (2006) quienes observaron mayor acumulación de metales en ejemplares hembras de *P. viridis*; de la misma manera, Ferreira *et al.* (2004) encontraron diferencias significativas para Cd y Ni entre machos y hembras de *P. perna* en Playa Buena de Brasil, con los mayores valores siempre en las hembras. Estos resultados sugieren la necesidad de estudios adicionales en orden de evaluar fluctuaciones naturales de estos metales entre ambos sexos.

Con respecto a la variación de metales durante los meses de muestreo, se observó que el Cu y Cr presentaron sus picos más altos durante el mes de mayo; mientras que el Cd, Ni y Pb en el mes de febrero (Figura 4), ambos meses de surgencia. El alto contenido de estos metales puede ser el resultado de la sedimentación de los mismos, que una vez llegada la surgencia y el incremento de las corrientes marinas, durante la

estación seca, permite la remoción de partículas hacia la columna de agua haciéndolos disponibles para los organismos (Adefeni *et al.*, 2007). Se conoce además que, los metales se concentran en esquistos ricos en materia orgánica, sedimentos lacustres y oceánicos, nódulos de manganeso y fosforitas marinas; estando entonces biodisponibles tanto para los productores como para los consumidores una vez llegada la época de surgencia (Sadiq, 1992; Gutiérrez *et al.*, 1999; Muñoz *et al.*, 2002).

Variación estacional de la concentración de Fe y Zn en *A. seminuda*.

La cuantificación de los metales Fe y Zn se determinó en el hepatopáncreas durante los meses de febrero y junio; período ya caracterizado como alta y baja productividad, respectivamente. El Fe y Zn en hembras mostró diferencias significativas entre los períodos ($K_w=9,05$; $P<0,05$ y $K_w=10,5$; $P<0,05$, respectivamente); mientras que en los machos no (Figura 5).

Estos resultados demuestran que estos metales bioesenciales juegan un papel importante durante la madurez gonadal de las hembras; las cuales presentaron su mayor actividad durante febrero y mínima en junio. Durante el desarrollo de los ovocitos, el hepatopáncreas sintetiza gran número de proteínas estructurales, hidratos de carbono y enzimas que son movilizadas al tejido germinativo para el consumo y almacenamiento de energía (Páez-Osuna *et al.*, 1995); lo cual podría explicar la movilización de sustratos energéticos donde el Zn y el Fe formen parte de las moléculas necesarias para el desarrollo gonadal.

En un estudio realizado en España en la especie *Cerastoderma edule* por Hernández *et al.* (2004) concluyen que, en la mayoría de las muestras estudiadas, las concentraciones de metales en el hepatopáncreas fueron superiores a las encontradas en la porción muscular.

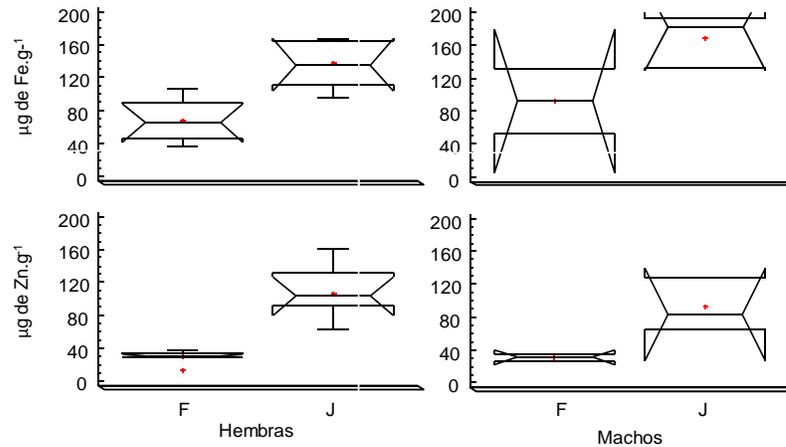


Figura 5. Variación de la concentración de hierro y zinc ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ peso seco) en el hepatopáncreas del bivalvo *Atrina seminuda*; hembras y machos de la localidad de Guayacán, Península de Araya, estado Sucre. F: febrero; J: junio; Kw: Análisis de Kruskal Wallis, H: hembras; hierro (Fe) Kw= 9,05; $P < 0,05$; zinc (Zn) Kw= 10,50; $P < 0,05$; M: machos;(Fe) Kw= 3,00 $P > 0,05$; (Zn) Kw= 0,02; $P > 0,05$.

Rodríguez (2002) determinó que los niveles de Zn en gónadas de *E. portorricensis* fueron significativamente menores durante la máxima actividad reproductiva en relación al estadio de desarrollo inicial. Adjei-Boateng *et al.* (2011) determinaron relaciones negativas entre el contenido de Zn y Fe y la madurez gonadal de *Galatea paradoxa*. El Zn es un metal esencial, el cual es requerido por los sistemas biológicos como componente estructural y catalítico de proteínas y enzimas, así como cofactor para el crecimiento y el desarrollo normal de los organismos (Reyes, 1999; Boada *et al.*, 2007).

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que las concentraciones promedio de los metales están por debajo de los valores de referencias existentes (Tabla. 3)

Tabla 3 Valores máximos permisibles de los metales zinc, cobre, cadmio, cromo, plomo y níquel en bivalvos para el consumo humano.

Metal	*Promedio	FAO	FDA	BFL
Zinc	8,39 ± 2,61	-	-	50
Cobre	0,84 ± 0,19	10	-	30
Cadmio	0,32 ± 0,13	1	4	1
Cromo	0,28 ± 0,26	-	13	0,1
Plomo	0,13 ± 0,26	2	1,7	20
Níquel	1,16 ± 0,81	-	80	-

*Valores expresados en $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso húmedo; FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations; FDA: Food and Drugs Administration; BFL: Brazilian Federal Legislation.

Concentración de Cu, Cd, Cr, Pb, Ni, Fe y Zn en machos y hembras de *A. seminuda*.

En este trabajo se evidenció que la variación entre hembras y machos para los metales Cu, Cd, Cr, Pb y Ni no mostraron diferencias estadísticamente significativas (Figura 6); de la misma manera los metales Fe y Zn tampoco mostraron diferencias estadísticamente significativas entre hembras y machos (Figura 7); siendo los machos los que mostraron mayor concentración a excepción del Pb; el cual se acumuló más en las hembras.

Estos resultados concuerdan con los hallados por Lima (1997) en *P. perna* donde la acumulación de Zn, Cu y Cd fue superior en machos, pero difieren de los encontrados por Lemus *et al.*, 2010 en *P. viridis*, realizado en la misma zona de estudio; en los que se consiguieron diferencias significativas con respecto al sexo para Cu, Cd y Ni; siendo las hembras las que mostraron mayor acumulación.

Yap *et al.* (2006), observaron que las hembras de *P. viridis* acumularon mayor concentración de Cu, Pb y Zn que los machos, pero estas diferencias no fueron

significativas. En el caso del Cd Latouche y Mix (1982) encontraron que las hembras de *M. edulis* presentaron mayor concentración de Cd en el tejido somático que los machos.

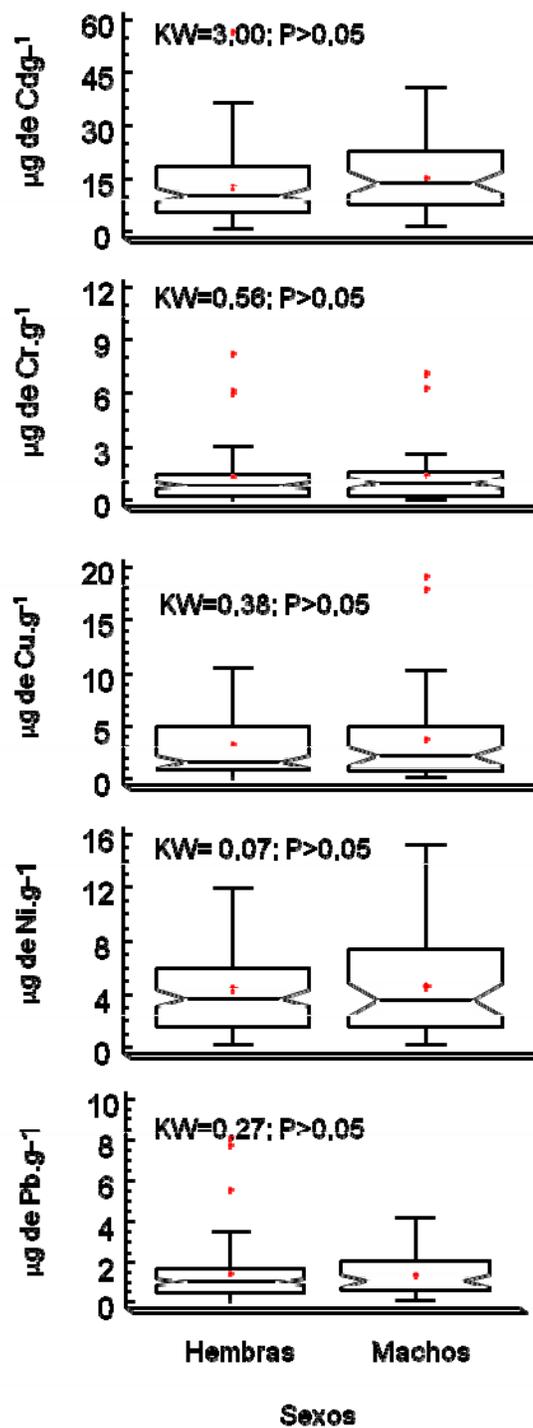


Figura 6. Variación de la concentración de metales cadmio, cromo, cobre, níquel y plomo ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ peso seco) en hembras y machos del bivalvo *Atrina seminuda* de la localidad de Guayacán, Península de Araya, estado Sucre. Kw: Análisis de Kruskal Wallis; Cu: cobre; Cd: cadmio; Cr: cromo; Pb: plomo y Ni: níquel.

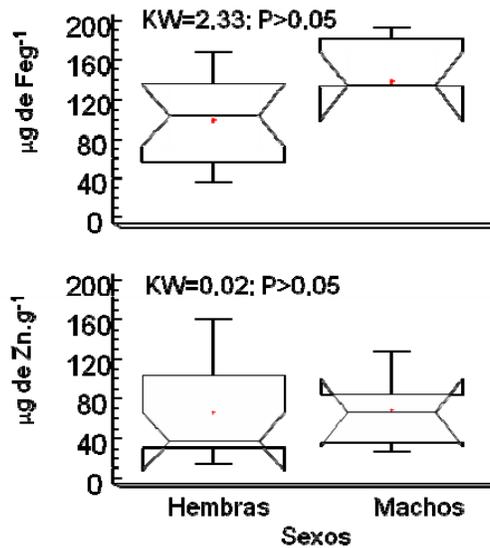


Figura 7. Variación de la concentración hierro y zinc ($\mu\text{g.g}^{-1}$ peso seco) en hembras y machos en el hepatopáncreas del bivalvo *Atrina seminuda* de la localidad de Guayacán, Península de Araya, estado Sucre. Kw: Análisis de Kruskal Wallis; Fe: hierro; Zn: zinc.

Relación entre el Índice gonadosomático (IGS) y la bioacumulación de metales en *A. seminuda*

El análisis de regresión simple entre el IGS y los metales determinó una relación negativa y estadísticamente significativa entre Cd e IGS y Pb e IGS; mientras que para los metales Ni, Cu y Cr no presentaron relaciones estadísticamente significativas. (Figura 8).

Estos resultados demuestran que existe un factor de dilución previamente descrito por diversos autores (Adjei *et al.*, 2010; Arrieche *et al.*, 2002; Oyarzún *et al.*, 2002) quienes han señalado que debido a la rápida gametogénesis que ocurre en los bivalvos los niveles de metales por unidad de masa disminuyen. Particularmente en *A. seminuda* los metales no bioesenciales se distribuyen en una mayor masa de tejido asociada a una mayor masa de tejido gonadal y esto consecuentemente determina una mayor concentración de Cd y Pb en los organismos con mayor índice gonadosomático.

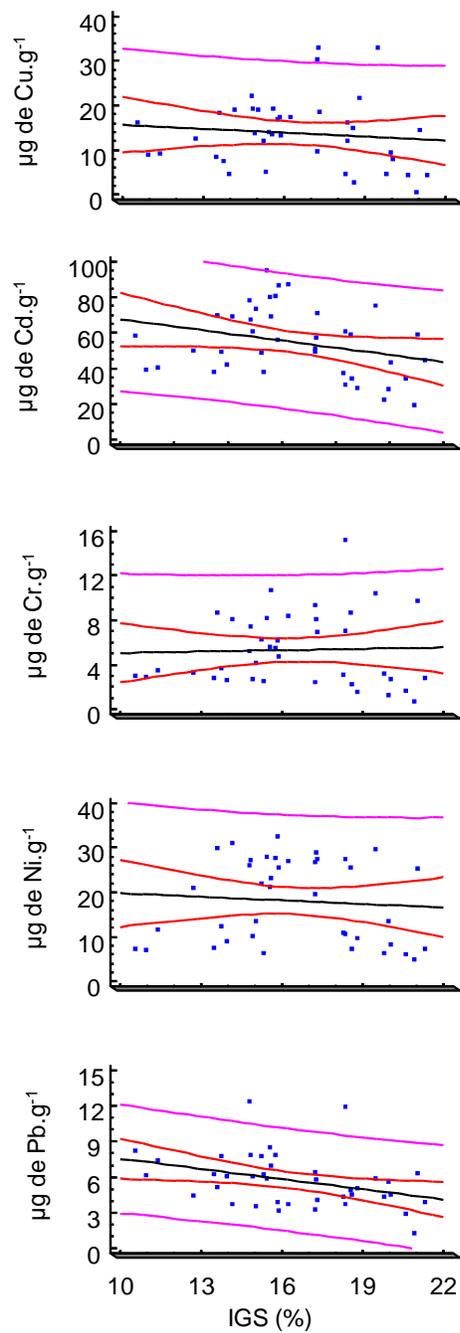


Figura 8. Análisis de regresión simple entre el índice gonadosomático (%) y la bioacumulación de metales en *Atrina seminuda* de la localidad de Guayacán península de Araya, estado Sucre; durante los meses de muestreo.

IGS= Índice Gonadosomático; Cd: cadmio; Cr: cromo; Cu: cobre, Ni: níquel y Pb: plomo.

El Cu no presentó asociación con el IGS por lo que se infiere que este elemento es modulado y regulado por estos organismos de acuerdo a la demanda de los mismos, particularmente como cofactores de muchas enzimas (Reyes, 1999; Boada *et al.*, 2007)

En relación al Cr y al Ni no existen trabajos que asocien estos elementos con la condición reproductiva de los organismos pero los resultados muestran concentraciones similares, pudiendo existir un eficiente mecanismo para la depuración de los mismos y en consecuencia mantienen concentraciones similares en los cuatro meses de estudio.

CONCLUSIONES

Los parámetros fisicoquímicos temperatura, pH y oxígeno disuelto en los meses de febrero y abril fueron menores en relación a los meses de mayo y junio; mientras que los valores de clorofila *a* presentaron un comportamiento diferente; ya que, presentó su máximo valor en el mes de febrero que luego fue en descenso en los meses posteriores (abril, mayo y junio).

Los valores más altos de IGS se presentaron en el mes de febrero y el mínimo en junio; lo cual sugiere que la especie *A. seminuda* presenta su máxima actividad reproductiva en el mes de febrero.

Las concentraciones de metales presentaron diferencias estadísticamente significativas en todos los tejidos analizados; observándose en general una mayor acumulación en el hepatopáncreas; a excepción del Ni y Cd; los cuales se acumularon en mayor proporción en el resto.

Las muestras hembras de *A. seminuda* presentaron diferencias significativas mensuales para los metales Cu, Cd, Cr y Ni; mientras que en los machos los metales que mostraron diferencias significativas corresponden a: Cu, Cd y Ni; los metales Fe y Zn mostraron diferencias significativas sólo en las hembras.

La variación de metales entre hembras y machos no mostró diferencias estadísticamente significativas; siendo los machos los que mostraron concentraciones ligeramente mayores para los metales analizados; a excepción del Pb que se acumuló más en las hembras

Se demostró que existe una relación negativa y significativa entre la madurez gonadal y los niveles de Cd y Pb en ejemplares de *A. seminuda*, asociado al aumento del tamaño de sus gónadas por lo que los niveles de metales se hacen menores con un aumento del índice gonadosomático.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta, V. 2001. Estado fisiológico de poblaciones del guacuco *Tivela mactroides* Born, 1778 (*Bivalvia: Veneridae*) en dos ambientes con diferentes grado de contaminación. Trabajo de Postgrado. Ciencias Marinas, Universidad de Oriente, Cumaná.

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

Adefeni, O.; Olaofe, O. y Asaolu, S. 2007. Seasonal variation in heavy metal distribution in the sediment of Major Dams in Ekiti-State. *Park. J. Nutr.*, 6(6): 705-707.

Adjei, D.; Obirikorang, K. y Amisah, S. 2010. Bioaccumulation of heavy metals in the tissue of the clam *Galatea paradoxa* and sediments from the Volta estuare, Ghana. *Int. J. Environ. Res.*, 4(3): 533-540

Adjei-Boateng, D.; Obirikorang, K.; Amisah, S.; Madkour, H. y Otchere, F. 2011. Relationship between gonad maturation and heavy metal accumulation in the clam *Galatea paradoxa* (Born 1778) from the Volta estuare, Ghana. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 87(6): 626-632.

Ahumada, M.; Serrano-Guzmán, S. y Ruiz-García, N. 2002. Abundancia, estructura y crecimiento de *Atrina maura* (*Bivalvia: Pinnidae*) en una laguna costera tropical del Pacífico mexicano. *Rev. Biol. Trop.*, 50: 1091-1100.

Alquezar, R.; Booth, S. y Booth, D. 2005. Metal accumulation in the smooth toadfish, *Tetractenos glaber*, in stuares around Sydney, Australia. *Environ. Poll.*, 20: 1-9

Aparicio, C. 1999. Revisión de las características oceanográficas de la plataforma nororiental de Venezuela. En: La sardina (*Sardinella aurita*), su medio ambiente y explotación en el oriente de Venezuela. Freón y Mendoza, Scientific Editors, IRD Editions. Paris.

Arias, A.; Gamboa, N. y García, J. 2001. Vanadium levels in gonads of white mullet (*Mugil curema*) in the Cariaco Gulf, Venezuela., *Zoot. Trop.*, 19(2): 165-172.

Arrieche, D.; Licet, B.; Gracia, N.; Lodeiros, C. y Prieto, A. 2002. Índice de condición, gonádico y de rendimiento del mejillón marrón *Perna perna* (Bivavia: Mytilidae) del morro de Guarapo, Venezuela. *Interiencia.*, 27(11): 125-132.

Badillo, M. 2000. Efecto de los oxihidróxidos de hierro y carbonatos de calcio en la adsorción de cadmio en suelo del Valle de México. Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

Barnes, R.; Ruppert, E. y Robert, D. 1996. *Zoología de invertebrados*. Sexta edición. McGraw-Hill. México.

Beiras, R.; Fernández, N. y Pombar, L. 2003. *Metal accumulation in wild intertidal mussels from the Galician Rías*. Memories of IV International Conference on Molluscan Shellfish Safety. Santiago de Compostela, España.

Beldi, H.; Gimbert, F.; Maas, S.; Scheifler, R. y Soltani, N. 2006. Seasonal variations the Cd, Cu, Pd and Zn in the edible mollusk *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) from the gulf of Annaba, Algeria. *African J. Agric. Res.*, 1(4): 085-090.

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

Boada, M.; Moreno, M.; Gil, H.; Marcano, J. y Maza, J. 2007. Metales pesados (Cu^{+2} , Cd^{+2} , Pb^{+2} , Zn^{+2}) en músculo y cefalotórax de camarones silvestres *Litopenaeus Schmitti*, *Farfantepenaeus subtilis*, *F. notialis* y *F. brasiliensis* de la región oriental de Venezuela. *Rev. Cient. (FCV-Luz)*, XVII (2): 186-192.

Boyer, J.; Fourqurean, J. y Jones, R. 1997. Spatial characterization of water quality in Florida bay and white water bay by multivariate analyses: zones of similar influence. *Estuaries*, 20(4):743-758.

Brazilian Federal Legislation (BFL). 1975. Decree-Law No. 1 413 *establishing controls to be carried out on industrial pollution*. Brasil.

Bryan, G. y Langston, W. 1996. Bioavailability, accumulation and affects of heavy metals in sediments with special reference to United Kingdom estuaries: A review. *Environ. Pollut.*, 76: 89-131.

Byrne, R.; Kump, L. y Cantrell, K. 1988. The influence of temperatura and pH on trace metal speciation in seawater. *Mar. Chem.*, 25: 163-181.

Camacho, M. 2007. Bioconcentración y toxicidad de metales en el langostino *Macrobrachium rosenbergu* (de Man). *Rev. Toxicol.*, 24: 14-17.

Castañeda, J. 2006. Hidrografía y aspectos dinámicos de la plataforma norte de la península de Paria, durante 2005. Trabajo de ascenso. Departamento de Oceanografía, Universidad de Oriente, Cumaná.

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(1): 107-121.

Córdova, C. 2006. Influencia de las variables ambientales sobre el ciclo reproductivo del bivalvo *Atrina seminuda* (Lamarck 1819) en la costa norte de la

península de Araya. Estado Sucre, Venezuela. Trabajo de Pregrado. Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Cumaná.

Dame, R. 1996. Ecology of marine bivalves: an ecosystem approach. CRC Pres, Florida, Estados Unidos de América.

Demirak, T.; Yilmaz, F.; Tuna, A. y Ozdemir, N. 2005. Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwestern. *Chemosphere*, 30: 1-8.

Depledge, M. y Rainbow, P. 1990. Models of regulation and accumulation trace metals in marine invertebrates. *Comp. Biochem. Physiol.*, 97: 1-7

Domouhtsidou, G. y Dimitriadis, V. 2000. Ultrastructural localization of heavy metals (Hg, Ag, Pb and Cu) in gills and digestive gland of mussels, *Mytilus galloprovincialis* (L). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 38: 427-478.

Dugo, G.; La Pera, A.; Bruzzese, T. y Pellicano, V. 2006. Concentration of Cd (II), Cu (II), Pb (II), Se(IV) and Zn (II) in cultured sea bass (*Dicentrarchus labreu*) tissues from Tyrrhenian Sea and Sicilian Sea by derivative stripping potentiometry. *Food Control*. 17: 146-152.

Ferreira, A.; Dos Santos, A. y Rosental, I. 2004. Temporal and spatial variation on heavy metal concentrations in bivalve *Perna perna* (Linnaeus, 1758) on the northern coast of Rio de Janeiro State, Brazil. *Braz. Arch. Biol. Technol.*, 47(2):1-16.

Food and agricultural organization (FAO). 1983. *Compilation of legal limits for hazardous substance in fish and fishery products*. FAO.

Gamallo, Y.; Mosquera, R.; Cházaro, F.; Lozano, M. y Fábregas, J. 1992. El mejillón: un alimento casi completo para la dieta humana. *Cuad. Área Cien. Mar. Sem. Estud. Gallegos*, 6: 166-167.

Gómez, J.; Segnini, M. y Fuentes, M. 1998. Efecto del cobre sobre la condición fisiológica de *Lima scabra*, medida por la razón ARN/ADN. *Scientia* (Panamá) 13(1): 27-34.

Gutierrez-Galindo, E.; Villaescusa-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.*, 25(4): 557-578.

Hernández, D.; Fernández, M.; Melgar, M. y Pérez, M. 2004. Estudio comparativo sobre el contenido de metales pesados en berberechos *Cerastoderma edule* (L) en conserva y en fresco comercializados en España. *Rev. Tecnol. Hig. Alimen.*, 356: 53-60.

Klaassen, C. 2001. *Casarett and Doull's Toxicology: the basic science of poisons*. Ed. McGraw-Hill. Sexta edición. New York.

Lacma, J.; Iannacone, J. y Vera, G. 2007. Toxicidad del cromo en sedimento usando *Donax obesulus* Reeve 1854 (Pelecypoda: donacidae). *Ecol. Apl.*, 6: 1-2

Latouche, Y. y Mix, M. 1982. The effects of depuration, size and sex on trace metal levels in Bay Mussels. *Mar. Pollut. Bull.*, 13(1): 27-29.

Lemus, M. 1992. Influencia de la temperatura sobre la acumulación y depuración de cobre en juveniles de *Petenia Kraussii Steindachner*, 1878 (Pisces: Cichlidae), efecto sobre la condición fisiológica. Trabajo de Postgrado, Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Cumaná.

Lemus, M.; Laurent, C.; Acagua, A.; Cabrera, M.; Aponte, A. y Chung, K. 2010. Variación estacional de metales pesados en *Perna viridis*, de la localidad de Guayacán Península de Araya, estado Sucre, Venezuela. *The Biologist* (Lima)., 8: 126-138.

Lima, E. 1997. Determinação de cádmio, cromo, cobre e zinco em mexilhões *Perna perna* (Linné, 1785) do litoral do estado de Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado, Departamento de Química-PCU/RJ.

Lodeiros, C.; Marín, N. y Prieto, A. 1999. Catálogo de moluscos de las costas nororientales de Venezuela. Clase Bivalvia. Ediciones APUDONS. Cumaná-Venezuela.

Maddock, D. y Burton, M. 1998. Gross and histological of ovarian development and related condition changes in American plaice. *J. Fish Biol.* 53: 928-944.

Malavé, C. y Prieto, A. 2005. Producción de biomasa en el mejillón verde en una localidad de la península de Araya, Venezuela. *Intercien.*, 30(11):609-705.

Mance, G. y Yates, J. 1984. *Propuestas de norma de calidad ambiental para sustancias de la lista II en el agua-el zinc*. Informe Técnico TR 209, la CMR, Medmenham.

Martínez, G. y Pérez, H. 2003. Effect of different temperature regimes on reproductive conditioning in the scallop *Argopecten purpuratus*. *Aquaculture*, 228: 153-167

Mount, O. y Stephan, C. 1997. A method for establishing acceptable toxicant limits for fish-malthion and the butoxyethanol ester of 2, 4-D trans. *Amfish. Soc.* 96: 185-193.

Muller-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

Muñoz, A.; Gutiérrez, E. y Flores, G. 2002. *Mytilus californianus* as indicator of heavy metals in the northwest coast of Baja California, Mexico. *Mar. Environ. Res.*, 49(2): 123-144.

Narváez, N. 2003. Acumulación, depuración y efecto del cadmio en el crecimiento de juveniles del mejillón verde *Perna viridis* (L.1758) (Mollusca: Bivalvia). Trabajo de Postgrado. Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Cumaná.

Narváez, N.; Lodeiros, C.; Nusseti, O.; Lemus, M. y Maeda-Martínez, A. 2005. Incorporación, depuración y efecto del cadmio en el mejillón verde *Perna viridis* (L. 1758) (Mollusca: Bivalvia). *Cienc. Mar.*, 31(1A):91-102.

Nicholson, S. y Lam, P. 2005. Pollution monitoring in Southeast Asia using biomarkers in the mytilid mussel *Perna Viridis* (Mytilidae: Bivalvia). *Environ. Inter.*, 31(1):121-132.

Odum, E. y Sarmiento, F. 1998. *Ecotoxicología, el puente entre la ciencia y la sociedad*. Interamericana. Mc Graw-Hill, México.

Organización Mundial de la Salud (OMS). 1991. *Environ. Health Criteria. Nickel*. Ginebra: OMS.108.

Oyarzúm, P.; Toro, J.; Jaramillo, R.; Guiñez, R.; Briones, C. y Astorga, M. 2002. Ciclo gonadal del chorito *Mytilus chilensis* (Bivalvia: Mytilidae) en dos localidades del sur de Chile. *J.Aquat. Res.*, 39(3): 512-525.

Páez-Osuna, P.; Frias, M. y Osuna, J. 1995. Trace metal concentrations in relation to season and gonadal maturation in the oyster *Crassostrea irridescens*. *Mar. Environ. Res.*, 40(1): 19-31.

Pereira, E.; Abreu, S.; Coelho, J.; López, C.; Pardal, M.; Vale, C. y Duarte, A. 2006. Seasonal fluctuations of tissue mercury contents in the European shore crab *Carcinusmaenas* from low in high contamination areas (Río de Aveiro, Portugal). *Mar. Pollut. Bull.*, 30(11):1450-1457.

Pérez, M.; Herrero, C.; Abalde J. y Torres, V. 2001. Class III methallothioneins in response to cadmium toxicity in the marine microalgae *Tetraselmis suecica* (Kylin) butch. *Environ. Toxicol. Chem.*, 20(9): 2061-2066.

Reyes, R. 1999. Las metalotioninas como biomarcadores moleculares de la contaminación por metales pesados en organismos acuáticos. *Intercien.*, 24(6): 366-371.

Rodríguez, L. 2002. Contenido energético y niveles de metales esenciales en tejidos somáticos y reproductivos de *Emerita portorricensis* (Decápoda: Hippidae) en condiciones naturales. Trabajo de Pregrado, Universidad de Oriente, Cumaná.

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

Rojas, N.; Lemus, M.; Rojas, L.; Martínez, G.; Ramos, Y. y Cheng, K. 2009. Contenido de mercurio en *Perna viridis* al norte del estado Sucre, Venezuela. *Cienc. Mar.*, 35(1): 91-99.

Rolling, J.; Bain, L.; Gardea, J.; Bader, J. y Baldwin, W. 2006. Hexavalent chromium reduces larvae growth and alters gene expression in mummichog (*Fundulus heteroclitus*). *Environ. Toxicol. Chem.*, 25: 2725-2733.

Ruiz-Dora, M. 1999. *Recursos pesqueros de las costas de México*. Segunda edición. Limosa. México, D.F.

Sadiq, M. 1992. Toxic metal chemistry in marine environments. Marcel Dekker. New York.

Salamanca, M.; Jara, B. y Rodríguez, T. 2004. Niveles de Cu, Pb y Zn en agua y *Perumytilus purpuratus* en bahía San Jorge, norte de Chile. *Gayana Concepc.*, 68(1): 53-62.

Sénior, W. 1987. *Guía práctica de análisis químico del agua de mar*. Universidad de Oriente, Cumaná.

Sinkiss, K. y Taylor M. 1989. Metal fluxes across the membrane of aquatic organisms. *Rev. Aquat. Sci.*, 1: 173-178.

Subrahmanyam, B. 1963. A note on the annual reproductive cycle of the prawn, *Pennaus indicus* (*Milne Edwards*) of Madras Coast. *Curr. Sci.*, 32(4): 165-166.

Sudan, W. y Lewis, G. 1978. Effect of complexation by natural organic ligands on the toxicity of copper to a unicellular algae *Monochrysis lutheri*. *Limnology. and Oceanography*, 23(5): 870-876.

Tapia, J. 2010. Presencia de metales pesados como cadmio, cromo y plomo en moluscos bivalvos provenientes de la costa de la región del Maule. *Food Chemistry.*, 2: 327-328.

Taylor, H. y Antis, J. 1999. Copper and haemocyanin dynamics in aquatic invertebrates. *Mar. Freshwater Res.*, 50: 907-934.

Tkeshelashvili, L.; Tsakadze, K. y Khulusauri, O. 1989. Effect of some nickel compounds on red blood cell characteristics. *Biol. Trace. Elem. Res.*, 21: 337-342.

Torres, W. y Ruiz, A. 2003. Monitoreo de focos de surgencia en las costas venezolanas. VII Jornadas Técnicas Instituto de Ingeniería.

US FDA (United States Food and Drug Administration). 2001. Announces advisory on methylmercury in fish. FDA talk paper T04-01. Washington, DC.

Villegas, L. 2000. Efecto tóxico del cadmio en la ostra perla *Pinctada imbricata* Roding, 1978 (*Mollusca: Bivalvia*). Trabajo de Postgrado. Departamento de Biología Universidad de Oriente, Cumaná.

Wang, W. 2001. Comparison of metal uptake rate and absorption efficiency in marine bivalves. *Environ. Toxicol. Chem.*, 20(6):1367-1373.

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

Yap, C.; Hatta, Y.; Edward, F. y Tan, S. 2008. Comparison of heavy metal concentrations (Cd, Cu, Fe, Ni and Zn) in the shells and different soft tissues of *Anadara granosa* collected from Jeram, Kuala Juru and Kuala Kurau, Peninsular Malaysia. *Pertanika. J. Trop. Agric. Sci.*, 31(2): 205-215

Yap, C.; Ismail, A.; y Tan, S. 2003. Concentration, distribution and geochemical speciation of copper in surface sediments of the Straits of Malacca. Pakistan. *J. Biolog. Sci.*, 6(12): 1021-1026

Yap, C.; Ismail, A.; Tan, S. y Rain, A. 2006. Is gender a factor contributing to the variations in the concentrations of heavy metals (Cd, Cu, Pb and Zn) by the green-lipped mussel. *Perna viridis*. *Indian J. Mar. Sci.*, 35(1): 29-35.

APÉNDICES

Apéndice 1. Análisis de regresión simple entre el IGS y los niveles de Cu en el tejido del bivalvo *A. seminuda* de la localidad de Guayacán península de Araya, estado Sucre; durante los meses de muestreo.

Parametro	Error estimación	Estadístico estandar	T	P-valor
Ordenada	87,409	17,512	4,991	0,000
Pendiente	-1,993	1,049	1,899	0,065

Apéndice 2. Análisis de varianza de los niveles de Cu en el tejido del bivalvo *Atrina seminuda* en relación al índice gonadosomático de la localidad de Guayacán península de Araya, estado Sucre; durante los meses de muestreo.

Fuente de variación	Sc	GL	Mc	Fs	P
Modelo	1238,8	1	1238,8	3,61	0,065
Residuo	13053,1	38	343,503		
Total corregido	14291,9	39			

Sc: sumas cuadráticas, GL: grados de libertad, Fs: Fisher y P: probabilidad.

Apéndice 3. Análisis de regresión simple entre el IGS y los niveles de Cd en el tejido del bivalvo *A. seminuda* de la localidad de Guayacán península de Araya, estado Sucre; durante los meses de muestreo.

Parametro	Error estimación	Estadístico estandar	T	P-valor
Ordenada	87,410	17,512	4,99	0,000
Pendiente	-1,993	1,049	-1,899	0,035

Apéndice 4. Análisis de varianza de los niveles de Cd en el tejido del bivalvo *Atrina seminuda* en relación al índice gonadosomático de la localidad de Guayacán península de Araya, estado Sucre; durante los meses de muestreo.

Fuente de variación	Sc	GL	Mc	Fs	P
Modelo	1238,8	1	1238,8	3,61	0,035
Residuo	13053,1	38	343,503		
Total corregido	14291,9	39			

Sc: sumas cuadráticas, GL: grados de libertad, Fs: Fisher y P: probabilidad.

Apéndice 5. Análisis de regresión simple entre el IGS y los niveles de Cr en el tejido del bivalvo *A. seminuda* de la localidad de Guayacán península de Araya, estado Sucre; durante los meses de muestreo.

Parametro	Error estimación	Estadístico estandar	T	P-valor
Ordenada	4,623	3,103	1,490	0,144
Pendiente	0,043	0,186	0,230	0,819

Apéndice 6. Análisis de varianza de los niveles de Cr en el tejido del bivalvo *Atrina seminuda* en relación al índice gonadosomático de la localidad de Guayacán península de Araya, estado Sucre; durante los meses de muestreo.

Fuente de variación	Sc	GL	Mc	Fs	P
Modelo	0,572	1	0,573	0,05	0,819
Residuo	409,869	38	10,786		
Total corregido	410,441	39			

Sc: sumas cuadráticas, GL: grados de libertad, Fs: Fisher y P: probabilidad

Apéndice 7. Análisis de regresión simple entre el IGS y los niveles de Ni en el tejido del bivalvo *A. seminuda* de la localidad de Guayacán península de Araya, estado Sucre; durante los meses de muestreo.

Parámetro	Error estimación	Estadístico estandar	T	P-valor
Ordenada	22,354	8,864	2,522	0,016
Pendiente	-0,263	0,531	-0,495	0,624

Apéndice 8. Análisis de varianza de los niveles de Ni en el tejido del bivalvo *Atrina seminuda* en relación al índice gonadosomático de la localidad de Guayacán península de Araya, estado Sucre; durante los meses de muestreo.

Fuente de variación	Sc	GL	Mc	Fs	P
Modelo	21,53	1	21,534	0,24	0,624
Residuo	3344,59	38	88,015		
Total corregido	3366,12	39			

Sc: sumas cuadráticas, GL: grados de libertad, Fs: Fisher y P: probabilidad.

Apéndice 9. Análisis de regresión simple entre el IGS y los niveles de Pb en el tejido del bivalvo *A. seminuda* de la localidad de Guayacán península de Araya, estado Sucre; durante los meses de muestreo.

Parametro	Error estimación	Estadístico estandar	T	P-valor
Ordenada	10,396	1,990	5,224	0,000
Pendiente	-0,285	0,119	-2,394	0,022

Apéndice 10. Análisis de varianza de los niveles de Pb en el tejido del bivalvo *Atrina seminuda* en relación al índice gonadosomático de la localidad de Guayacán península de Araya, estado Sucre; durante los meses de muestreo.

Fuente de variación	Sc	GL	Mc	Fs	P
Modelo	25,437	1	25,437	5,73	0,022
Residuo	168,582	38	4,436		
Total corregido	194,019	39			

Sc: sumas cuadráticas, GL: grados de libertad, Fs: Fisher y P: probabilidad.

HOJA DE METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	Variación Del Contenido De Metales Pesados En Diferentes Estadios Reproductivos Del Bivalvo <i>Atrina Seminuda</i> de la Localidad de Guayacán, Estado Sucre, Venezuela (Modalidad: Tesis de Grado)
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Cortecia C., Aurelina M.	CVLAC	18.211.423
	e-mail	aurelina18@hotmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Bivalvos, Metales Pesados, <i>Atrina seminuda</i>, Venezuela.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias	Bioanálisis

Resumen (abstract):

La incorporación de metales pesados en un organismo provee una información importante, ya que permite estimar el posible impacto ambiental que estos elementos puedan producir en los ecosistemas acuáticos. Se evaluaron los niveles de metales pesados en ejemplares machos y hembras del bivalvo *Atrina seminuda*, colectados en la localidad de Guayacán, estado Sucre, durante los meses de febrero, abril, mayo y junio del 2010. Los metales se determinaron utilizando espectroscopía de emisión de plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES) acoplado a un equipo marca Perkin Elmer y expresadas en $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$; la precisión del método fue verificada utilizando el estándar de referencia de tejido NIST Oyster Tissue 1566^a. Las concentraciones de metales presentaron diferencias significativas en los tejidos analizados; observándose mayor acumulación en hepatopáncreas y menor en músculo. La concentración de metales en ejemplares hembras presentaron diferencias mensuales estadísticamente significativas para los metales Cu ($K_w= 12,98$; $P<0,05$), Cd ($K_w= 19,77$; $P< 0,05$), Cr ($K_w= 14,71$; $P< 0,05$) y Ni ($K_w= 41,09$; $K_w< 0,05$); mientras que en los machos los metales que mostraron diferencias significativas corresponden a: Cu ($K_w= 11,30$; $P< 0,05$), Cd ($K_w= 12,27$; $P<0,05$), y Ni ($K_w= 22,62$; $P< 0,05$). Estas variaciones mensuales en los metales analizados; puede ser explicado por la biodisponibilidad de estos elementos determinada en parte por la surgencia en el área nor-oriental del país y por la variación durante estos meses del ciclo reproductivo de la especie estudiada. El análisis de regresión simple entre el IGS y la bioacumulación de metales fue negativa y estadísticamente significativa sólo para Cd ($P< 0,05$) y Pb ($P< 0,05$).

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Lemus Mairín	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input checked="" type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	6429405
	e-mail	mlemus88@hotmail.com
	e-mail	
Rojas Luisa	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	lrojas40@yahoo.com
	e-mail	
Jiménez Mayré	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	5076104
	e-mail	mayrej@gmail.com
	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

2012	12	13
-------------	-----------	-----------

Lenguaje: SPA

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
TESIS_AC	Application/word

Alcance:

Espacial: NACIONAL (Opcional)

Temporal: TEMPORAL (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: Licenciada en Bioanálisis

Nivel Asociado con el Trabajo: LICENCIADA

Área de Estudio: Bioanálisis

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR *[Firma]*
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

[Firma]
JUAN A. BOLANOS CUNVELO
Secretario



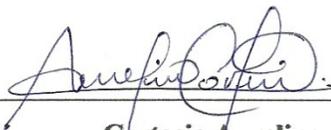
C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

Apartado Correos 094 / Telfs: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso- 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009) : “los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario para su autorización”.



Cortecia Aurelina

Autor



Mairín Lemus

Asesor

