



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

METALOTIONINAS, GLUTATIÓN Y PEROXIDACIÓN LIPÍDICA EN EL
BIVALVO *Atrina seminuda* PROVENIENTE DE LA ZONA DE GUAYACÁN,
ESTADO SUCRE

(Modalidad: Tesis de Grado)

MIGDALIS CAROLINA TRUJILLO ORENCI

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

CUMANÁ, 2018

METALOTIONINAS, GLUTATIÓN Y PEROXIDACIÓN LIPÍDICA EN EL
BIVALVO *Atrina seminuda* PROVENIENTE DE LA ZONA DE GUAYACÁN,
ESTADO SUCRE

Aprobado por:

Prof. Raquel Salazar
Asesora

Prof. Edgar Zapata
Jurado

Prof. Yanet Antón
Jurado

INDICE

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
LISTA DE TABLAS.....	III
LISTA DE FIGURA.....	IV
RESUMEN.....	V
INTRODUCCIÓN.....	1
METODOLOGÍA.....	6
ÁREA DE ESTUDIO.....	6
TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS.....	6
ÍNDICE DE CONDICIÓN.....	7
HOMOGENIZACIÓN DE LA MUESTRA.....	7
GLUTATIÓN (GSH).....	7
EXTRACCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE METALOTIONINAS (MTs).....	8
PEROXIDACIÓN LIPÍDICA (LPO).....	9
ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	11
CONCLUSIONES.....	19
BIBLIOGRAFÍA.....	20
HOJAS DE METADATOS.....	25

DEDICATORIA

A

Dios, primeramente por darme la vida y ser el pilar fundamental en todo mi ser, por darme la fortaleza necesaria para seguir adelante, ya que en los momentos de dificultad me levantó para seguir de pie y abrirme los caminos para lograr todas mis metas sin dejarme desmayar. A él todo le dedico mi triunfo.

Mis padres, Miguel Trujillo y Luisa de Trujillo, por su apoyo incondicional, amor y darme lo mucho o poco que tenían, por creer en mí y sembrar desde mi nacimiento valores y principios que me llevaron a los caminos de la educación, son ustedes mi fuente de inspiración para lograr mis metas y de ustedes también este triunfo, los amo.

Mi hija Valeska Sofía Núñez Trujillo, que desde su llegada a mi vida impulsó mis fuerzas y ganas de luchar cada día, anhelando ser su mejor ejemplo a seguir. te amo hija.

Mis hermanas, Yocelin, Zulecnys, Luisana y Doriannys por formar importante parte de mi vida, por estar allí en alegrías, tristeza y apoyarme en este largo y tortuoso camino.

Mis sobrinos Jonathan, Dahilmar, Luisanjelys, José y Dahiker que de una u otra manera gracias a sus afectos me mantuvieron firme y esperando que este logro les de ejemplo a seguir, los quiero mucho.

Mi esposo Cesar Núñez, tu amor, compañía, y tu ayuda ha sido fundamental en mi vida, has estado conmigo incluso en momentos de turbulencias. Este logro no fué fácil pero tuviste motivándome, prestándome tu hombro para apoyarme cuando solía desmayarme y ayudándome hasta donde tu alcance lo permitía, mil gracias mi amor.

A todas aquellas personas que confiaron en mí y creyeron capaz de lograrlo.

AGRADECIMIENTO

A

Mi Dios, con el todo sin él nada.

Mi asesora Marín Lemus por recibirme como su tesista, por tenerme paciencia, confianza y compartir conmigo sus conocimientos y enseñanzas profesionales durante el desarrollo de este proyecto.

La Escuela de Ciencias de la Universidad de Oriente, por prestar sus instalaciones y equipos para la realización de esta investigación.

La profesora Ahieska Liscano, por sus consejos, ayuda y sugerencias durante la realización de este trabajo.

Mi compañera Clairet Rondón, por darme su ayuda, colaboración durante la realización de este trabajo investigativo, muchas gracias.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Variación del índice de condición de <i>Atrina seminuda</i> en los meses de muestreo en Guayacán estado Sucre.	11
Tabla 2. Variación de Glutación (mmol de GSH /g masa húmeda) en tejidos de <i>Atrina seminuda</i> proveniente de Guayacán Estado Sucre.	12
Tabla 3. Variación de Metalotioninas (μg de MTs/g masa húmeda) en tejidos de <i>Atrina seminuda</i> proveniente de Guayacán estado Sucre.	13
Tabla 4. Variación de peroxidación lipídica (μmol MDA/g masa húmeda) en tejidos de <i>Atrina seminuda</i> proveniente de Guayacán estado Sucre.	14

LISTA DE FIGURA

Figura 1. Ubicación geográfica del área del muestreo del bivalvo <i>Atrina seminuda</i> estado Sucre, Venezuela.	6
Figura 2. Relación entre los niveles de concentración de glutatión, metalotioninas, peroxidación lipídica y el índice de condición durante 7 meses del año 2012, en el bivalvo <i>Atrina seminuda</i> de Guayacán, estado Sucre. Venezuela.	16

RESUMEN

Se cuantificó los niveles de metalotioninas (MTs), glutatión (GSH) y peroxidación lipídica (LPO) en el tejido blando del bivalvo *Atrina seminuda* colectados en la localidad de Guayacán, estado Sucre, (Venezuela), durante los meses de febrero, mayo, julio, agosto, septiembre, noviembre y diciembre 2012. Los ejemplares fueron capturados por buceo libre y trasladados al laboratorio de fisiología celular ubicado en el Departamento de Biología, Universidad de Oriente núcleo de Sucre. El índice de condición (IC) fue cuantificado utilizando la relación entre la masa de tejidos y la masa total del organismo. Las determinaciones de las concentraciones de MTs, GSH y LPO se realizaron por métodos colorimétricos y fueron expresadas en μg de MTs/g masa húmeda, μmol de GSH/g masa húmeda, y μmol MDA/g masa húmeda, respectivamente. Los resultados muestran variaciones mensuales significativas en el IC y los parámetros analizados en los organismos durante los meses de estudio. Las MTs y LPO mostraron una relación positiva y significativa con el IC del organismo, mientras que GSH no. Estos resultados demuestran que las biomoléculas analizadas tienen una modulación asociada con el índice de condición en la especie *A. seminuda* y esto es de fundamental importancia para considerar su cuantificación como biomarcadores de contaminación.

INTRODUCCIÓN

En los organismos aeróbicos o aneróbicos facultativos la vida transcurre en presencia del oxígeno molecular y requieren contar con mecanismos de defensas que puedan contrarrestar los diversos radicales libres de oxígeno, impidiendo su formación o neutralizándolos una vez formados. Para preservar la integridad celular, los organismos disponen de una gran variedad de sistemas de defensa antioxidante, tanto enzimáticos como no enzimáticos, que de una forma coordinada protegen al organismo de los riesgos que produce el estrés oxidativo. Entre ellos destacan las actividades enzimáticas superóxido dismutasa (SOD), glutatión peroxidasa (GPX) y catalasa (CAT); además del ácido ascórbico (vitamina C), alfa-tocoferol (vitamina E), glutatión (GSH), beta-caroteno, vitamina A, flavonoides y polifenoles (Sarrasague *et al.*, 2006).

El estrés oxidativo es aquella situación en la que las células están expuestas a un ambiente prooxidante y los mecanismos defensivos antioxidantes son sobrepasados, de forma que se llega a afectar el estado redox/celular. En los sistemas biológicos, los elementos prooxidantes provienen en su mayoría del O₂, por lo que son denominados genéricamente especie reactiva de oxígeno (EROs) (Martínez, 2005).

Existen diferentes procesos endógenos y exógenos moduladores de EROs, tales como la respiración mitocondrial, la activación de polimorfonucleares, el metabolismo del ácido araquidónico, las acciones enzimáticas, catálisis por liberación de hierro y cobre, entre otros (Barry y Koen, 1997). Los organismos producen EROs que son necesarias para el funcionamiento y balance armónico de diversos sistemas, sin las cuales se pueden producir desórdenes fisiológicos o alteraciones del sistema inmune y dar lugar a diversas enfermedades o permitir su evolución y desarrollo hacia diferentes estados patológicos (Montagnier *et al.*, 1998).

Los radicales libres (RL) son elementos que contienen un electrón (e⁻) no apareado en su último orbital. Esta característica los hace sumamente reactivos y capaces de dañar a otras moléculas, lo que a su vez los convierte en átomos muy reactivos, capaces de

provocar una reacción en cadena que causa daño oxidativo, desde células hasta tejidos. Las especies reactivas (ER) incluyen a las de oxígeno (ERO), hierro (ER), cobre (ERC), así como a las de nitrógeno (ERN). Estas especies se forman como productos del metabolismo de los RL y aunque no todas son de esta clase, son moléculas oxidantes que se transforman fácilmente en RL, lo que les confiere la característica de ser compuestos muy dañinos para las células (Ramos *et al.*, 2006).

Las ERO más comunes y de mayor importancia biológica son las siguientes: oxígeno singlete ($^1\text{O}_2$), radical hidroxilo (OH^\cdot), radical alcoxilo (RO), radical-anión superóxido (O_2^\cdot), óxido nítrico (NO), peróxido de hidrógeno (H_2O_2), ácido hipocloroso (HOCl) y peroxinitrito (ONOO^\cdot) (Núñez, 2011).

Otras EROs, se forman en exceso por la acción de factores exógenos, que pueden constituir un estrés oxidativo para el organismo, produciendo variaciones interdiarias, mensuales o anuales, dependiendo del tipo y la intensidad de este factor modulador. Entre esos factores externos se encuentran los factores físicos, relacionados con las corrientes marinas, la disponibilidad de alimento, la temperatura, salinidad, pH, fotoperíodos, oxígeno disuelto y otros (Almeida *et al.*, 2005; Woo *et al.*, 2013; Matoo *et al.*, 2013). Por otro lado, procesos biológicos, que ocurren a través de su ciclo de vida modulan los niveles de EROs, entre éstos, los más relevantes son: crecimiento, reproducción, enfermedades crónicas y envejecimiento (Anderson, 2001; Lemus *et al.*, 2013). Es decir, los organismos se encuentran sometidos continuamente, a la producción excesiva de EROs, por lo que los mecanismos antioxidantes presentes en los tejidos controlan las EROs y protegen contra el daño oxidativo de las células.

El balance oxidativo del organismo, es decir, la producción endógena de ERO, resulta esencial para la regulación metabólica, la producción de energía metabólica, la activación de biomoléculas, la transducción de señales, el recambio celular y el control del tono vascular, entre otros. Si este balance entre los sistemas oxidantes (generadores de EROs) y los antioxidantes (preventivo, secuestrador y reparador) se desequilibra a favor de los primeros, por la producción excesiva de EROs, el debilitamiento de los

sistemas antioxidantes o por ambas causas, se estará en presencia de lo que se conoce como estrés oxidativo (Núñez, 2011).

Las moléculas y enzimas implicadas en “barrer” las EROs pueden ser las enzimas, tales como: superóxido dismutasa (SOD) y glutatión peroxidasa (GPX) (Sarrasague *et al.*, 2006) y moléculas como metalotioninas (MTs) y glutatión (GSH), las cuales representan una de las primeras líneas de defensa del organismo, no solo porque enlazan los metales, sino porque están involucrados en la remoción de ERO (Lemus *et al.*, 2012).

Las MTs son proteínas de baja masa molecular, con aproximadamente 6000 a 7000 Dalton, de unas 20 cisteínas aproximadamente, y que enlazan siete metales divalentes (Lemus *et al.*, 2013). Por su parte, el glutatión (GSH) es un tripéptido y el principal antioxidante intracelular, actúa como un captador de radicales libres y como reductor del H₂O₂; existe tanto en forma de tiol reducido (GSH), como de disulfuro oxidado (GSSG). La suma de las formas tiol reducido, la de disulfuro oxidado y la porción de glutatión unido a proteínas se conoce como glutatión total (GSHT). Su importancia radica en el papel central que desempeña en la protección contra el estrés oxidativo, como captador de radicales libres y como cofactor de diferentes enzimas antioxidantes (Lugo, 2011).

El glutatión (gamma-glutamil-cisteinil-glicina, GSH) es el tiol de baja masa molar más abundante, y GSH/glutatión disulfuro es el principal par redox en las células animales. La síntesis de GSH a partir del glutamato, cisteína y glicina es catalizada secuencialmente por dos enzimas citosólicas, gamma-glutamilcisteínasintetasa y GSH sintetasa (Rodríguez, 2011). El glutatión juega un papel importante en la defensa antioxidante, metabolismo de los nutrientes, y la regulación de eventos celulares, incluyendo la expresión de genes, el ácido desoxirribonucleico (ADN) y la síntesis de proteínas, la proliferación celular y la apoptosis, transducción de señales, producción de citoquinas y la respuesta inmune, entre otros (Wu *et al.*, 2004).

Los niveles aumentados de lipoperóxidos han sido asociados con una variedad de desórdenes en los organismos. El MDA reacciona rápidamente con grupos amino o con

proteínas y otras biomoléculas; también forma compuestos con bases de ADN que son mutagénicas y posiblemente carcinogénicos. Los tipos más comunes de peroxidación lipídica son: a) la PL no enzimática y b) la PL enzimática dependiente de dinucleotido de nicotinamida - adenina fosfato (NADPH) y adenosin difosfato (ADP) (Tortelero *et al.*, 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 y en general, viven fijos sobre un soporte de forma definida, enterrados en sustratos y algunos, pueden llevar una vida más libre (Cortecia, 2012).

Los moluscos bivalvos representan un recurso pesquero de importancia local y nacional, las costa nororiental cuenta con la mayor abundancia de estos organismos y esto es atribuido a la gran riqueza fitoplanctónica de la zona (Varela *et al.*, 2003). La especie *Atrina seminuda* pertenece a la familia Pinnidae. Es un bivalvo grande, de aproximadamente 200 mm de longitud, se caracteriza por presentar una concha ancha de color variable desde el verde oscuro hasta el marrón verdoso, posee unas ornamentaciones en su concha de proyecciones espinosas tubulares ligeramente curvadas de 10 a 20 hileras radiales. Se encuentra, por lo general asociada a fondos areno-fangosos y en aguas someras, vulgarmente es conocida como rompechinchorro, concha abanico, cucharón, hacha, entre otros. Se distribuye por todo el Atlántico occidental, desde Carolina del Norte (Estados Unidos), hasta Argentina (Rodríguez, 2011).

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 (Cortecía, 2012).

En Venezuela, particularmente, se conoce muy poco respecto a la variación del metabolismo oxidativo mediante el estudio o medición del glutatión, metalotioninas y

peroxidación lipídica en bivalvos, específicamente en la especie *Atrina seminuda*; sin embargo, se pueden mencionar los trabajos pioneros realizados por (Brito, 2013 y Antón, 2014). A pesar de que este molusco es usado frecuentemente para el consumo humano, no se saben las consecuencias o efectos secundarios que este desbalance (estrés oxidativo) podría traer a los humanos como principal consumidor.

De acuerdo a los escasos conocimiento acerca del metabolismo de biomoléculas relacionadas con el estrés oxidativo y los factores que determinan variaciones en diferentes especies de bivalvos, en condiciones naturales, se ha planteado el siguiente trabajo realizando una evaluación de los niveles de metalotioninas, glutatión y peroxidación lipídica en el bivalvo *Atrina seminuda* de la localidad de Guayacán, estado Sucre, Venezuela durante siete meses del año 2012.

METODOLOGÍA

Área de estudio

Se realizaron 7 colectas en el banco natural de la localidad de Guayacán (febrero, mayo, julio, agosto, septiembre, noviembre y diciembre 2012), situada en la costa norte de la península de Araya, estado sucre, Venezuela ($64^{\circ}00'00''$ N y $11^{\circ}35'00''$ O). Los ejemplares de *Atrina seminuda* fueron colectados por buceo libre a una profundidad entre 2 a 4 m; luego se colocó en bolsas plásticas previamente identificadas y seguidamente se colocaron en una cava con hielo, fueron trasladados al Laboratorio de Ecotoxicología de Centro de Investigaciones Ecológicas de Guayacán (CIEG) donde fueron almacenadas a -4°C hasta su procesamiento.

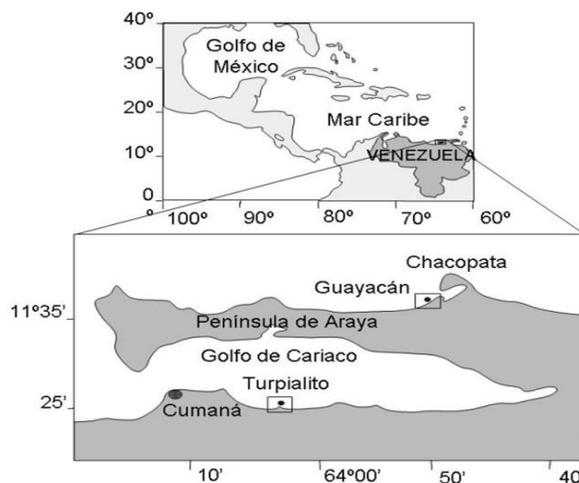


Figura 1. Ubicación geográfica del área del muestreo del bivalvo *Atrina seminuda* estado Sucre, Venezuela.

Tratamiento de las muestras

Los organismos se limpiaron cuidadosamente de adherencias, Fueron desbullados con una paleta de plástico y lavados con agua desionizada; posterior a ello, se le extrajo a cada ejemplar todo el tejido blando, fue pesado, debidamente rotulado, tomando en cuenta el organismo al cual pertenece y al mes que corresponda. Para la obtención de la

masa húmeda, cada tejido fue pesado con una balanza digital de 0,0001 g de apreciación. Los organismos fueron congelados inmediatamente para realizar las pruebas bioquímicas.

Índice de condición

A cada organismo se le determinó el índice de condición (Prieto *et al.*, 1999; Arrieche *et al.*, 2004) a través de la siguiente ecuación:

$$IC = (MH/MT) \times 100$$

MH: masa húmedo del organismo.

MT: masa total del bivalvo.

IC: representa la condición fisiológica en función de la cantidad de tejido húmedo que presenta el organismo expresado en porcentaje.

Homogenización de la muestra

Una vez que se obtuvo todos los datos de masa corporal de cada ejemplar, y luego de haber sido congelados se procedió a picar todo el tejido en trozos pequeños y luego se colocó en beaker 20,00 g de la muestra y se homogenizó con 30,00 ml de una solución de buffer tris (hidroximetil) aminometano (Tris-HCl) 20 mmol.l⁻¹ a pH 8,6 el cual contiene: sacarosa 500 mmol.l⁻¹, benzyl-sulfonil fluoruro (PMSF), β mercaptoetanol al 0,01%; seguidamente se procedió a homogeneizar la cantidad de tejido contenido en el beaker junto con el buffer (Gruber y Valle, 2000).

Glutación (GSH)

La determinación de la concentración de glutatión se llevó a cabo de acuerdo a la técnica de Beutler *et al.* (1963). Para lo cual se preparó dos soluciones: solución precipitante; 1,67 g de ácido metafosfórico glaciar, el cual es una mezcla de ácido fosfórico (H₃PO₄) y fosfato de sodio (Na₃PO₄); 0,20 g de ácido etilendiamino tetra acético (EDTA) y 30 g de cloruro de sodio (NaCl) en 100 ml de agua destilada, reactivo ácido ditio-nitro-benzoico (DNTB) al 0,40% en buffer fosfato 200 mmol/l, pH 7,5.

Se mezcló 0,50 ml del homogeneizado del tejido con 1 ml de solución precipitante, luego se dejó en reposo por un tiempo de 5 min y se centrifugó a 6 000 rpm por 10 min posteriormente, a 0,50 ml del sobrenadante se le añadió 2 ml del buffer fosfato y 1 ml del reactivo DNTB, y se midió inmediatamente en el espectrofotómetro, a 412 nm. Se preparó un blanco de reactivo con 8 ml de buffer fosfato, 2 ml de la solución precipitante diluida (2 a 3 partes de agua destilada) y 1 ml de reactivo DNTB.

La estandarización del método se realizó con glutatión (GSH: Sigma). Para esto, se realizó una curva de calibración para glutatión reducido, cuyas concentraciones están comprendidas desde 5 hasta 25 $\mu\text{mol/ml}$.

Extracción y cuantificación de metalotioninas (MTs)

El contenido de MTs fue evaluado de acuerdo al método propuesto por Viarengo, *et al.* (1997). Para ello, se tomó 0,50 ml del homogeneizado y se homogeneizó en frío con 4,00 ml de buffer de homogeneización: tris-HCl 20 mmol/l y 0,50 mol de sacarosa, pH 8,6, con 0,006 mol leupeptina, 0,5 mol/l (fenil-metil-sulfoxido) PMSF y β -mercaptoetanol (10%). El homogenizado fue centrifugado a 14 000 rpm durante 20 minutos a 4°C, en una centrífuga refrigerada Sorvall RC2-B, se tomó el sobrenadante resultante y se le agregó 1 ml de etanol frío (-20°C) y 80 μl de cloroformo (por cada ml de fracción). Luego, fueron centrifugadas a 6 000 rpm por 10 min a 4°C. A la fracción soluble que se colectó, se le añadió 1 mg de ácido ribonucleico (ARN), 40 μl de ácido clorhídrico (HCl) al 37% y 3 ml de etanol frío (87%), se mantuvo a -20°C por una hora y luego se volvió a centrifugar a 6 000 rpm por 10 min.

El sedimento fue resuspendido en 1 ml de una mezcla de buffer de homogeneización: etanol al 87% y cloroformo al 1% y centrifugado nuevamente a 6 000 rpm por 10 min. El sedimento que se obtuvo fue mezclado con 300 μl de una solución de buffer Tris-HCl 5 mmol/l y 1 mol de EDTA, pH 7. Seguidamente, se le agregó 1 ml de DTNB (0,43 mmol) diluido en buffer con Na-fosfato 0,2 mol, pH 8 (Ellman, 1959). Las muestras finalmente fueron centrifugadas a 3 000 rpm por 10 min, se leyó la absorbancia del sobrenadante a 412 nm y la concentración de metalotioninas fueron estimadas utilizando

una curva de calibración para glutatión reducido (GSH), utilizando un estándar de 0,1 mmol l⁻¹. Estableciendo la siguiente relación:

$$1\mu\text{m SH} = 1\mu\text{m GSH} = 0,055\mu\text{m MTs}$$

Las concentraciones de metalotioninas fueron expresadas en μg de MTs. g⁻¹ masa húmeda (Gruber y Valle. 2000).

Peroxidación lipídica (LPO)

La detección de la peroxidación de lípidos se realizó empleando la técnica fotocolorimétrica para la determinación de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS), que mide los niveles de malondialdehído (MDA) como uno de los productos principales del proceso. Para ello, del tejido homogenizado preservado por congelamiento a -20°C, se tomó 100 mg del tejido y se homogenizó en frío en 2 ml de solución salina al 9,0% por 20 seg, utilizando un homogenizador Politron Modelo HP y luego se centrifugó a 2 200 rpm por 15 min.

Se tomó 250 μl del sobrenadante y se colocó en tubos Eppendorf de 1,50 ml de capacidad; las muestras se incubaron en baño de agua a 37°C con agitación constante durante 15 min. Seguidamente, los tubos fueron colocados en un baño con hielo y para detener la reacción se adicionó 250 μl de solución fría de parada (ácido ticloroacético al 12,5% y ácido clorhídrico 1mol l⁻¹) y adicionalmente se agregó 500 μl de solución de TBA al 1%. Los tubos fueron colocados en un baño de agua a 90°C con agitación constante por 10 min para acelerar la disolución del TBA, y luego fueron enfriados nuevamente en baño de hielo por 10 min. Seguidamente, las muestras fueron centrifugadas a 1 500 rpm por 10 min a 4°C en una centrifuga refrigerada, Hamburg 5702-R, y los sobrenadantes fueron transferidos a la celda de espectrofotómetro para medir la absorbancia de las muestras, a una longitud de 532 nm, contra un blanco constituido por todos los reactivos, Las concentraciones de MDA se calcularon mediante el uso de una curva patrón de MDA 20 mmol y los valores se expresaron en μg de MDA/g masa húmeda. (Livingstone *et al.*, 1990).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos del IC y la concentración de GSH, MTs y LPO en los tejidos durante los meses de muestreo 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.

Mediante un análisis de regresión simple se determinó la relación entre el índice de condición fisiológica (IC) y las concentraciones de MTs, GSH y LPO. Todos los análisis se realizaron utilizando el programa computarizado STATGRAPHICS PLUS 5.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizaron un total de 85 organismos con una talla promedio de $15,20 \pm 2,89$ cm de longitud total. El índice de condición del bivalvo *Atrina seminuda* proveniente de la localidad de Guayacán mostró variaciones mensuales estadísticamente significativa (KW=30,16; $p < 0,05$) (Tabla 1). Evidenciándose que durante el mes de agosto se observó el mayor valor promedio ($33,52 \pm 5,18$) y el más bajo en noviembre con un valor de ($24,03 \pm 3,23$). Estos resultados permiten inferir que la especie *Atrina seminuda* presenta su mayor actividad reproductiva en agosto, donde alcanza su mayor madurez gonádica; por el contrario la menor actividad reproductiva obtenida en este estudio corresponde al mes de noviembre, cabe destacar que durante los meses de febrero y diciembre se obtuvo valores promedio mayor a 30,00.

Tabla 1. Variación del índice de condición de *Atrina seminuda* en los meses de muestreo en Guayacán estado Sucre.

Mes	frecuencia	Promedio	Desviación	Varianza	Mínimo	Máximo
Febrero	13	30,52	3,64	13,27	23,79	37,15
Mayo	10	26,84	4,04	16,32	20,79	30,03
Julio	12	24,30	6,18	38,19	14,00	34,90
Agosto	10	33,52*	5,18*	26,89	27,50	46,13
Septiembre	14	27,40	6,75	45,52	15,87	39,26
Noviembre	10	24,03*	3,23*	10,45	17,51	28,36
Diciembre	16	31,25	4,82	23,28	23,91	40,45
Total	85	28,42	5,86	34,33	14,00	46,13

Kw= 30,16 p <0,05

Los resultados obtenidos en el presente trabajo coinciden con los obtenidos por Laurent (2014) en la misma especie, quien demostró un incremento en el índice de condición durante el mes de agosto y un descenso en noviembre y se diferencia de lo reportado por Prieto *et al.* (2001) en la pepitona (*Arca zebra*) quienes indican una pérdida de masa desde agosto hasta enero y una etapa de engorde desde febrero hasta julio. Algunos

autores señalan que la diferencia entre meses de engorde y de pérdida de masa de una misma especie se deben a las estrategias reproductivas como respuestas a la expresión de los factores ambientales, (Bautista 1989; Ruiz *et al* 1998). Igualmente Arriche *et al.* (2002) demostraron que la alta variabilidad encontrada en el índice de condición de *perna perna* durante los diversos estadios de madurez sexual puede explicarse a que los individuos estarían sometidos a cambios fisiológicos durante todo el año por efecto de la reproducción y los factores ambientales. En el caso de *Atrina seminuda* las variaciones encontradas pueden ser explicadas por los mismos factores externos que afectan estas otras especies tales como disponibilidad de alimentos y temperatura, principalmente.

Los niveles de GSH en el bivalvo *Atrina seminuda*, proveniente de la localidad de Guayacán mostraron variaciones mensuales significativas (KW=41,691; p<0,05). Evidenciándose que durante el mes de noviembre se determinó el mayor valor (2,20 ± 0,79 mmol/g), mientras que en el mes de diciembre se observó el menor (0,75 ± 0,24 mmol/g) (Tabla 2), durante el resto de los meses evaluados no hubo diferencias significativas.

Tabla 2. Variación de Glutación (mmol de GSH /g masa húmeda) en tejidos de *Atrina seminuda* proveniente de Guayacán Estado Sucre.

Mes	Frecuencia	Promedio	Desviación	Varianza	Mínimo	Máximo
Febrero	13	0,97	0,35	0,12	0,50	1,50
Mayo	10	1,85	0,76	0,57	0,50	3,13
Julio	12	1,44	0,52	0,27	0,70	2,15
Agosto	10	2,10	0,64	0,42	1,23	2,88
Septiembre	14	1,42	0,44	0,19	0,45	2,20
Noviembre	10	2,20*	0,79*	0,63	0,48	3,30
Diciembre	16	0,75*	0,24*	0,06	0,25	1,28
Total	85	1,45	0,73	0,53	0,25	3,33

Kw= 41,69

P< 0,05

Las concentraciones de glutatión presentaron valores similares a las presentadas en el estudio realizado para esta misma especie por Brito (2013); quien determinó que las concentraciones más elevadas de este tripéptido ocurrieron el mes de febrero cuando los organismos se encontraron con mayor masa gonadal. Aunque en este estudio la especie presentó los mayores valores de IC durante febrero, agosto y diciembre, solo en agosto se observó el mayor valor promedio de GSH, lo que podría sugerir que los niveles de GSH podrían estar siendo modulados por muchos aspectos exógenos como: temperatura, salinidad, pH entre otros. y asociado, posiblemente, a que las especies tropicales presentan desoves continuos, lo que ocasiona un solapamiento de estadíos de maduración durante los meses

Las MTs del bivalvo *Atrina seminuda* evaluada durante siete meses del año 2012, proveniente de la localidad de Guayacán mostraron variaciones mensuales significativas (KW=28,31; p< 0,05). (Tabla 3) Evidenciándose, que durante los meses de agosto y diciembre se observaron valores máximos ($15,56 \pm 2,74 \mu\text{g/g}$); ($14,66 \pm 3,98 \mu\text{g/g}$) respectivamente; meses en los cuales se evidenciaron organismos con un IC elevado, en relación a los otros meses analizados. En el mes de julio se observó el valor mínimo ($7,73 \pm 3,33 \mu\text{g/g}$), asociado posiblemente a un período de desove como se ha planteado previamente en el ciclo reproductivo de la especie

Tabla 3.Variación de Metalotioninas (μg de MTs/g masa húmeda) en tejidos de *Atrina seminuda* proveniente de Guayacán estado Sucre.

Mes	Frecuencia	Promedio	Desviación	Varianza	Mínimo	Máximo
Febrero	13	12,65	2,69	7,24	7,5	16,13
Mayo	10	10,89	3,81	14,54	5,2	17,1
Julio	12	7,73*	3,33*	11,07	0,6	14,3
Agosto	10	15,56*	2,74*	7,50	10,67	19,74
Septiembre	14	10,81	5,47	29,93	1,3	17,63
Noviembre	10	10,57	3,92	15,40	3,1	15,71
Diciembre	16	14,66	3,98	15,86	2,5	21,55

Total	85	11,92	4,48	20,10	0,6	21,55
Kw= 28,31	P<0,05					

De los invertebrados marinos, los bivalvos son los organismos más estudiados y la razón que ha permitido un mayor estudio de las MTs en estos invertebrados está dada por la asociación que se estableció entre los metales tóxicos y las MTs, una vez que fueron aisladas enlazadas al Cd (Kägi y Valle, 1960).

Las MTs juegan un papel fundamental como removedoras de radicales libres, los cuales se producen por la metabolización incompleta de los sustratos energéticos en la mitocondria y que pueden ser modulados por factores ambientales, como la temperatura, salinidad, pH y otros (Abele *et al.*, 2002; Heise *et al.*, 2003). Los mecanismos de inducción de estas moléculas, están modulados por factores bióticos como la etapa de desarrollo, sexo, estado reproductivo, tasa de crecimiento y también por factores abióticos como: la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, intensidad de luz y otros (Ladhar-Chaabouni *et al.* 2012; Lemus *et al.* 2013).

Los niveles de peroxidación lipídica evaluadas en el bivalvo *Atrina seminuda* mostraron variaciones mensuales significativa (KW=27,54; p< 0,05) (Tabla 4). Evidenciándose que durante los mes de agosto y diciembre se observaron los valores máximos de (7,97 ± 1,96 µmol/g) y (7,92 ± 015 µmol/g), respectivamente y el menor valor fue observado durante el mes de mayo (5,12 ± 1,36 µmol/g).

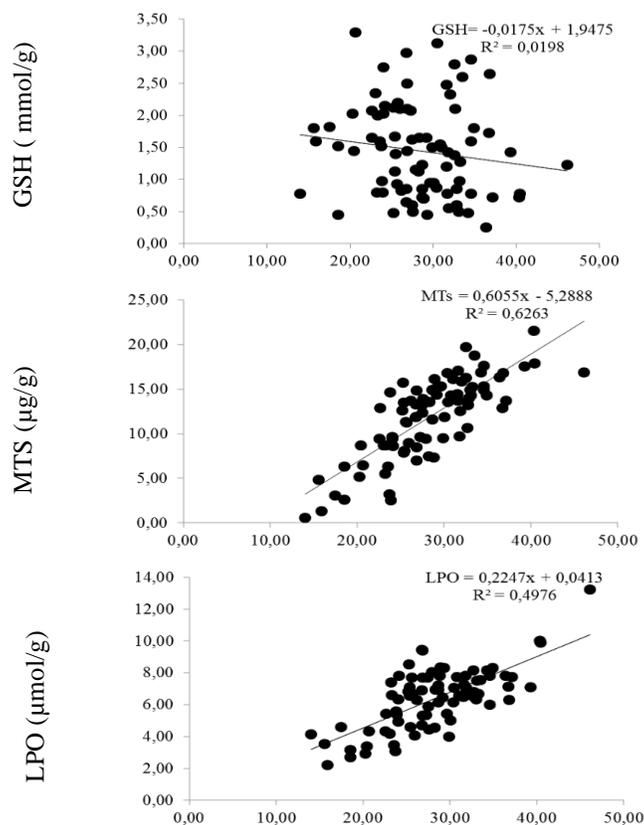
Tabla 4. Variación de peroxidación lipídica (µmol MDA/g masa húmeda) en tejidos de *Atrina seminuda* proveniente de Guayacán estado Sucre.

Mes	Frecuencia	Promedio	Desviación	Varianza	Mínimo	Máximo
Febrero	13	5,97	1,01	1,03	4,45	7,75
Mayo	10	5,13*	1,36*	1,84	2,95	7,05
Julio	12	6,50	1,84	3,40	3,15	8,3
Agosto	10	7,97*	1,96*	3,83	6,3	13,25
Septiembre	14	5,79	2,01	4,03	2.2	8,1

Noviembre	10	6,11	1,89	3,57	4,2	9,4
Diciembre	16	7,92*	1,15*	7,92	6,15	10,0
Total	85	6,54	1,85	6,53	2,2	13,25

Kw= 27,54 p<0,05

La peroxidación de lípidos (LPO), medida como niveles de MDA, el cual es el principal producto de la lipoperoxidación de membranas fue significativamente más elevada durante los meses de mayor IC. Conociendo que el IC representa una mayor cantidad de tejido por concha, se asume que los organismos están más gordos y generalmente los tejidos que presentan mayor crecimiento en bivalvos son el hepatopáncreas y el tejido gonadal. Brito (2013), demostró que estos tejidos presentan la mayor peroxidación de membranas y esto está asociado al aumento de la síntesis de sustratos en el tejido hepático, como es el caso de la vitelogenina, para el desarrollo del tejido germinal y ésta se incrementa significativamente en el tejido germinal durante la maduración gonadal (Gauthier-C *et al.*, 2006).



IC

Figura 2. Relación entre los niveles de concentración de glutatión, metalotioninas, peroxidación lipídica y el índice de condición durante 7 meses del año 2012, en el bivalvo *Atrina seminuda* de Guayacán, estado Sucre. Venezuela.

Los análisis de regresión lineal entre los datos analizados, GSH, MTs y LPO con el IC, determinaron que existía una relación positiva y significativa entre las MTs y el IC y

LPO y el IC, mientras que los niveles de GSH no mostraron relación significativa.

Estos resultados muestran que las MTs y LPO que son utilizadas como biomarcadores de contaminación ambiental de diversa naturaleza y sensibles a variaciones en el estrés oxidativo, muestran una modulación relacionada con la condición del organismo y que ciertamente, está dada por los ciclos reproductivos de la especie, siendo procesos asociados a la síntesis y degradación de biomoléculas durante el desarrollo gonadal. De igual forma el desarrollo gonadal está asociado a la disponibilidad de alimento y cambios de temperatura, factores que se ha demostrado modulan estas biomoléculas (Lemus *et al*, 2013; Lemus *et al* 2017).

El glutatión no muestra una variabilidad asociada al índice de condición de la especie, y esto posiblemente pueda estar asociado a que la mayor parte de GSH actúa como la principal molécula que mantiene el balance redox celular, esta molécula es sintetizada por las células, exportada al espacio extracelular y la velocidad de recambio es muy rápida en la mayoría de las células. Este GSH en las células es relativamente bajo, en el orden de los micromoles, debido al rápido catabolismo del tripéptido en la circulación. La vida media del GSH en plasma se encuentra en el orden de segundos a minutos (Bellatori *et al* 2010). El rol más importante de GSH es la detoxificación de una gran variedad de compuestos tanto endógenos como exógenos, conjugándose con estos para luego ser excretados por orina o heces bajo la forma de derivados de ácidos mercaptúricos (Vulcano *et al*. 2013). Esto explica la gran importancia de la molécula en el plasma para mantener el balance redox y evitar que cualquier molécula o especie

reactiva pueda afectar la homeostasis celular. Brouwer *et al* (1993), establecen un modelo molecular y plantean la importancia fisiológica de la interacción MT-GSH, donde el GSH es capaz de enlazarse a la MTS que contienen Cd y Zn y se sugiere el papel fisiológico para el metabolismo de los metales bioesenciales, principalmente con preferencia para Zn.

Las MTS, es una de las moléculas más estudiadas en los bivalvos, desde que se consideraron como un biomarcador de contaminación, no obstante, muchos estudios han demostrado que la síntesis de la biomolécula está dirigida por múltiples factores y el papel que juega en los organismos aún no está bien claro (Kang, 2006). Particularmente la actividad reproductiva parece modular su síntesis (Lemus *et al.*, 2013; Lemus *et al* 2016).

Sikka (2001), establece una asociación entre EROs y la atrofia del tejido reproductivo. De tal manera, que la generación excesiva de especies reactivas de oxígeno (superóxido, hidroxilo, óxido nítrico, peróxido, peroxinitrilo) causa infertilidad masculina. En este sentido, las membranas de los tejidos reproductivos de bivalvos son ricas en ácidos grasos poliinsaturados y cerca de dos tercios de los ácidos grasos de triacilglicerol son poliinsaturados ($61.8 \pm 6.45\%$) y actúan como un reservorio temporal de ácidos grasos poliinsaturados (Abbad, *et al* 1995) de cadena muy larga, como el ácido eicosapentaenoico (20:5) y el ácido docosapentaenoico (22:5) (Koftayan *et al* 2011). Tanto los triacilgliceroles como los fosfolípidos son altamente insaturados y esto los hace muy susceptibles al daño inducido por el oxígeno, que está mediado por la peroxidación lipídica. Esto lleva a plantear que un aumento en el IC de los bivalvos en estudio, esté sujeta a una mayor peroxidación de las membranas, como se ha evidenciado en el presente trabajo.

En una situación de poca actividad reproductiva, es probable que los mecanismos antioxidantes presentes en los tejidos reproductivos y sus secreciones controlen estas EROs y protejan contra el daño oxidativo las células gonadales y los espermatozoides maduros, sin embargo la síntesis de lípidos durante la fase de maduración se eleva en

relación a cualquier otro estadio de desarrollo gonadal, para *A seminuda* y por ende los lípidos y su lipoperoxidación, como se señaló anteriormente. La variabilidad estacional de la temperatura y disponibilidad de alimentos regulan el ciclo reproductivo de los bivalvos tropicales, y probablemente expliquen la mayor parte de la variabilidad natural observada en metalotioninas y peroxidación lipídica en esta especie marina.

CONCLUSIONES

El máximo índice de condición fisiológica de la especie *Atrina seminuda* fue de (33,5±5,18) y lo alcanzó en el mes de agosto.

Los valores máximos de MTs y GSH fueron (15,56±2,74µg/g),(2,20±0,79 mmol/g) respectivamente y para la LPO fue (7,97 ±2,01µmol/g) .

Atrina seminuda mostró variación mensual estadísticamente significativa para MTs, GSH, LPO obteniendo los valores más alto para MTs (15,56±2,74µg/g) agosto, GSH (2,20±0,79 mmol/g) noviembre y LPO (7,97 ±2,01µmol/g) agosto.

Se encontró una relación positiva y significativa entre IC y MTs e ICy LPO y negativa entre IC y GSH.

BIBLIOGRAFÍA.

Abad, M.; Ruiz, C.; Martínez, D.; Mosquera, G.; y Sánchez, J. 1995. Seasonal variations of lipid classes and fatty acids in flat oyster, *Ostrea edulis*, from San Cibrán (Galicia, Spain). *Comp. Biochem. Physiol., Part C: Toxicol.*, 110(2):109-1

Abele, D.; Heise, K.; Pörtner, H.; Puntarulo, S. 2002. Temperature-dependence of mitochondrial function and production of reactive oxygen species in the intertidal mud clam *Mya arenaria*. *J. Exp. Biol.*, 205(13): 1831-1841

Almeida, A.; Diaz, A.; Dafre, A.; Gomes, O.; Medeiros, M. y Di Mascio, P. 2005. Oxidative stress in digestive gland and gill of the brown mussel (*Perna perna*) exposed to air and re-submersed. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 318(1), 4:21-30.

Antón, D. 2014. Metalotioninas, glutatión y peroxidación lipídica en el bivalvo *Anadara floridana* en condiciones naturales, proveniente de la localidad de Guayacán. Estado Sucre, Venezuela. Trabajo de pregrado. Departamento de Bioanálisis. Universidad de Oriente. Cumaná.

Arrieche, D.; Licet, B.; Garcia, N.; Lodeiros, C. y Prieto, A. 2004. Índice de condición, gonádico y rendimiento del mejillón marrón *Perna perna* (Bivalvia: Mytilidae), del Morro de Guarapo, Venezuela. *Interciencia*, 27(3): 399-410.

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

Barry, E. y Kohen, R. 1997. As the biological antioxidant system integrated and regulated. *Exp. Physiol.* 82: 291-295.

Bautista, C. 1989. Tecnología de los moluscos. Ediciones Mundi Prensa. Ma.

Ballatori, N.; Krance, S.; Marchan, R. y Hammond C. 2009. Plasma membrane glutathione transporters and their roles in cell physiology and pathophysiology. *Mol Aspects Med.*, 30 (1-2): 13-28.

Beck, M. 2000. Nutritional-induced oxidative stress. Effect on viral disease. *Am. J. Clin. Nurt.*, 72: 1082-1086.

Beutler, E.; Duron, O. y Mikus, B. 1963. Improved method for the determination of blood glutathione. *J. Lab. Clin. Med.*, 61: 882-888

- Brito, Y. 2013. Metalotioninas, Glutati3n y peroxidaci3n lip3dica en diferentes estadios reproductivos en el bivalvo *Atrina seminuda* de la localidad de Guayac3n, estado Sucre, Venezuela. Trabajo de pregrado. Departamento de Bioan3lisis. Universidad de Oriente. Cuman3.
- Brouwer, M.; Hoexum, T. y Cashon R . (1993). A putative glutathione-binding site in CdZn-metallothionein identified by equilibrium binding and molecular-modelling studies. *Biochem.* 294 (1) 219-225
- Capdevilla, M. y Atrian, S. 2011. Metallothionein protein evolution: a miniassay. *JBIC J. Biol. Inorg. Chem.*, 16(7): 977-989.
- C3rdova, C. 2006. Influencia de las variables ambientales sobre el ciclo reproductivo del bivalvo *Atrina seminuda* (Lamarck 1819) en la costa norte de la pen3nsula de Araya. Estado Sucre, Venezuela. Trabajo de Pregrado. Departamento de Biolog3a, Universidad de Oriente, Cuman3.
- Cortecia, A. 2012. Variaci3n del contenido de metales pesados en diferentes estadios reproductivos del Bivalvo *Atrina seminuda* de la localidad de Guayac3n. Estado Sucre, Venezuela. Trabajo de pregrado. Departamento De Bioan3lisis. Universidad De Oriente.
- Ellman, G. 1959. Tissue sulphydryl groups. *Arc. Biochem. Biophys.*, 82: 70-77.
- Fr3on, P. y Mendoza, J .La sardina, su medio ambiente y explotaci3n en el Oriente de Venezuela. IRD
- Gauthier, C; Pellerin, S; Amiard, J. 2006. Estradiol-17 β and testosterone concentrations in male and female *Mya arenaria* (Mollusca bivalvia) during the reproductive cycle. *General and comparative endocrinology.*, 145(2): 133-139.
- Gruber, H. y Valle, B. 2000. Introduction to metallothionein. *Methods in enzymology.* *Biochem.*, 205: 3-7.
- Hickman, R.; Illingworth, J. 1980. Condition cycle of the green-lipped mussel *Perna canaliculus* in N
- James, Y. (2006). Metallothionein Redox Cycle and Function. *Exp. Biology and Med.*, 231(9):1459-67
- K3gi, J. y Valle, B. 1960. Metallothionein: a cadmium and zinc containing protein from equine renal cortex. *J. Biol. Chem.*, 235: 3460-3465.
- Koftayan, T.; Milano, J.; D'Armas, H. y Salazar, G. (2011). Perfil de l3pidos y 3cidos grasos de *Perna viridis*, mejill3n verde (Mollusca: Bivalvia) en el oriente venezolano y la costa oeste de Trinidad. *Rev. Biol.Trop.*, 59(1): 171-182.

- Ladhar, R.; Machreki, M; HamzaChaffai, A. 2012. Use of metallothioneins as biomarkers for environmental quality assessment in the Gulf of Gabès (Tunisia). *Environ. Monit. Assess.*, 184(4): 2177-2192.
- Laurent, C. 2009. Variación estacional de metales pesados en *Perna viridis*, de la localidad de Guayacán, península de Araya, estado Sucre, Venezuela. Trabajo de grado. Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Cumaná.
- Leiniö, S. y Lehtonen, K. 2005. Seasonal variability in biomarkers in the bivalves *Mytilus edulis* and *Macoma balthica* from the northern Baltic Sea. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology y Pharmacology*, 140(3): 408-421.
- Lemus, M.; Marín, L.; Aponte, A. y Chung, K. 2012. Metalotioninas, Glutación y consumo de oxígeno en el bivalvo *Perna viridis* expuesto al cadmio. *Rev. científic*, 22(4): 376-382.
- Lemus, M.; Rojas, N.; Rojas, L. y Chung, K. 2013. Metalotioninas en *Perna viridis* (Bivalvia: Mytilidae): Variación estacional y su relación con la biología reproductivo. *Rev. Biol. Trop.*, 61(2): 701-709.
- Lemus, M; Castañeda, J; Chung, K. 2017. Chapter 9. Metallothioneins as Biomarkers of Contamination by Metals in Bivalves of Eastern Venezuela. In *Ecotoxicology in Latin America. Nova Science Publishers. 1*: 1-630.
- Livingsstone, D.; Garcia, M. y Narbonne, J. 1990. Oxyradical generation as a pollutant-mediated mechanism of toxicity in the common mussel, *Mytilus edulis* L. and other molluscs. *Funct. Ecol.*, 4: 415-424.
- Lugo, A. 2011. Variación del metabolismo oxidativo mediante niveles de glutación, peroxidación lipídica, ácido úrico y actividades de la catalasa en pacientes con diabetes tipo 2 atendidos en el hospital de Diabetes Dr. Julio Rodríguez. Trabajo de pregrado. Departamento de Bioanálisis. Universidad De Oriente.
- Malavé, C. y Prieto, A. 2005. Producción de biomasa en el mejillón verde en una localidad de la Península de Araya, Venezuela. *Interciencia.*, 30(11): 699-705.
- Matoo, O.; Ivanina, A.; Ullstad, C. Beniash, E. y Sokolova, I. (2013). Interactive effects of elevated temperature and CO₂ levels on metabolism and oxidative stress in two common marine bivalves (*Crassostrea virginica* and *Mercenaria mercenaria*). *Comp. Biochem. Physiol. A: Mol y Integ Physiol* 164(4): 545-553
- Martínez, G. 2005. Especies reactivas del oxígeno y balance redox parte I: aspectos básicos y principales especies reactivas del oxígeno. *Rev. Cub. Farm.*, 39(3): 1-11.
- Montagnier, L.; Olivierw, R. y Pasquier, C. 1998. Oxidative stress in cancer, AIDS and neuro degenerative diseases. *New York: M. Dekker*.

- Núñez, A. 2011. Terapia antioxidante, estrés oxidativo y productos antioxidantes: retos y oportunidades. *Rev. Cub. Salud Públ.*, (37): 1-17.
- Prieto, A.; Flores, M.; Lodeiros, C. 1999. Madurez sexual e índice de condición en una población del mejillón de fondo *Modiolus squamosus* (Mollusca: Bivalvia) en Tocuchare, Golfo de Cariaco, Venezuela. *Ecotropicos*, 12: 83
- Ramos, M.; Batista, C.; Gómez, B. y Zamora, A. 2006. Diabetes, estrés oxidativo y antioxidantes. Investigación en salud. *Centro Universitario de Ciencias de la Salud México.1* (8): 7-15.
- Rodríguez, O. 2011. Fauna malacológica epibionte del cucharón *Atrina seminuda* (Lamarck, 1819) (Bivalvia: Pinnidae) al norte de la península de Araya, estado Sucre. Trabajo de pregrado. Departamento de Bioanálisis. Universidad de Oriente. Cumaná.
- Ruiz, E.; Cabrera, J.; Cruz, R.; Palacios, J. 1998. Crecimiento y ciclo reproductivo de *Polymesoda radiata* (Bivalvia: Corbiculidae) en Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 46: 643-648. *new Zealand. Mar. Biol.* 60: 27-38.
- Sarrasague, M.; Barrado, D.; Zubillaga, M.; Hager, A.; Paoli, T. y Boccio, J. 2006. Conceptos actuales de metabolismo del glutatión y utilización de los isótopos estables para la evaluación de su homeostasis. *Act. Bioq. Clín. Latinoam.*, 1 (40):45-54.
- Tortolero, I.; Bellabarba, G.; Osuna, J.; Gómez, R. y Regadera, J. 2005. Estrés oxidativo y función espermática. *Rev. Ven. Endoc. y Metab.*, 3(3): 12-19.
- Varela, R.; Carvajal, F. y Muller, C. 2003. El fitoplancton en la plataforma nororiental de Venezuela., 263-294. In P.
- Velez A, y Ruiz, J. 1972. Variación estacional del engorde del ostión *C. RHIZOPHORAE* de Bahía de Mochima y laguna Grande. *Bol.Inst.Oceanogr. Universidad de Oriente.* 11:39-43.
- Viarengo, A.; Ponzano, E.; Dondero, F. y Fabbri, R. 1997. A simple spectrophotometric method for metallothionein evaluation in marine organisms: an application to mediterranean and Antarctic molluscs. *Mar. Environ. Res.*, 44: 69-84.
- Villarán, R.; Quiroz, J.; Adrianzen, E.; Pérez, L.; Saldias, J.; Mendoza, J. y Monge, C. 2000. Niveles de ácido úrico en la altura y a nivel del mar. *Rev. Méd. Herediana.*, 11: 7-14.
- Vulcano, D.; Soraci, A. y Tapia, M. (2013). Homeostasis del glutatión. *Acta bioq. clín. Latinoamericana.*, 47(3): 529-539.

Wu, G.; Colmilb,Y.; Yang,S.; Lupton,J.; Turner, N. 2004. El Glutacione, metabolism and sus consecuencias para la salud. *J. Nutr.*, 134(3): 489-492.

Woo, S.; Denis, V.; Won, H.; Shin, K.; Lee, G.; Lee, T.y Yum, S. (2013). Expressions of oxidative stress-related genes and antioxidant enzyme activities in *Mytilus galloprovincialis* (Bivalvia, Mollusca) exposed to hypoxia. *Zool. Stud.* 52: 1-8.

HOJAS DE METADATOS

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

Título	METALOTIONINAS, GLUTATIÓN Y PEROXIDACIÓN LIPÍDICA EN EL BIVALVO <i>Atrina seminuda</i> PROVENIENTE DE LA ZONA DE GUAYACÁN, ESTADO SUCRE, AÑO 2018
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
MIGDALIS CAROLINA TRUJILLO ORENCI	CVLAC	19.979.462
	e-mail	biomigdalís_27@hotmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Bivalvos, *Atrina seminuda*, glutati3n, metalotioninas, peroxidaci3n lipídica, estr3s oxidativo, defensas antioxidantes, Venezuela.

--

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

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias	Bioanálisis

Resumen (abstract):

Se cuantificó los niveles de metalotioninas (MTs), glutatión (GSH) y peroxidación lipídica (LPO) en el tejido blando del bivalvo *Atrina seminuda* colectados en la localidad de Guayacán, estado Sucre, (Venezuela), durante los meses de febrero, mayo, julio, agosto, septiembre, noviembre y diciembre 2012. Los ejemplares fueron capturados por buceo libre y trasladados al laboratorio de fisiología celular ubicado en el Departamento de Biología, Universidad de Oriente núcleo de Sucre. El índice de condición (IC) fue cuantificado utilizando la relación entre la masa de tejidos y la masa total del organismo. Las determinaciones de las concentraciones de MTs, GSH y LPO se realizaron por métodos colorimétricos y fueron expresadas en μg de MTs/g masa húmeda, μmol de GSH/g masa húmeda, y μmol MDA/g masa húmeda, respectivamente. Los resultados muestran variaciones mensuales significativas en el IC y los parámetros analizados en los organismos durante los meses de estudio. Las MTs y LPO mostraron una relación positiva y significativa con el IC del organismo, mientras que GSH no.

Estos resultados demuestran que las biomoléculas analizadas tienen una modulación asociada con el índice de condición en la especie *A. seminuda* y esto es de fundamental importancia para considerar su cuantificación como biomarcadores de contaminación.

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

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Salazar, Raquel	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input checked="" type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	5.855.836
	e-mail	rsalazarlugo50@gmail.com
	e-mail	Raquellugove@yahoo.com
Antón, Yanet	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	8.439.217
	e-mail	Yanton@udo.edu.ve
	e-mail	
Zapata, Edgar	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	12.269.219
	e-mail	Edzapata2002@yahoo.com
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

2018	06	19
-------------	-----------	-----------

Lenguaje: **SPA** _____

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

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis-Trujillom.doc	Application/word

Alcance:

Espacial: **Nacional**
Temporal: **Temporal**

Título o Grado asociado con el trabajo: Licenciada en Bionálisis

Nivel Asociado con el Trabajo: **Licenciada**

Área de Estudio: Bionálisis

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.



Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

JUAN A. BOLANOS CUNPELO
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/manuja

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”.

Trujillo, Migdalis
Autor

Prof: Salazar, Raquel
Asesor