



Tecnociencia, Vol. 22, N°2: 227-243
julio-diciembre 2020

CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (Cu y Cd), EN TEJIDO GONADAL DE *A. tuberculosa* EN ELESTERO FARFÁN, GOLFO DE MONTIJO

¹Omar Tuñón-Pineda, ²Annisamyd Del Cid, ²Daniel A. Carneiro G. ²José Carlos Chang, ³Orlando Leone, ⁴Italo Gotí & ⁵Juan Antonio Gómez.

^{1,4,5}Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Maestría en Ecología de Zonas Costeras.

²Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Escuela de Biología.

³Departamento de Química Analítica, Universidad de Panamá.

Email: omartp05@gmail.com; josecarloschangv@gmail.com; adelcid050322@gmail.com; orlandoleone@gmail.com, italogoti@up.pa.ac; juanay05@hotmail.com

RESUMEN

Se determinó la concentración de metales pesados (cobre y cadmio) en el tejido gonadal de *Anadara tuberculosa*, en el estero Farfán, localizado en el Golfo de Montijo, en seis estaciones de muestreo; durante seis meses, se tomaron muestras de *Anadara tuberculosa* mediante colecta manual. Se pudo identificar el estado de desarrollo sexual, a través de observaciones al microscopio e histología rutinaria. Para el ciclo gonádico se empleó una escala de cuatro estadios para ambos sexos: indiferenciado, desarrollo, desove y reabsorción. El procesamiento de las muestras para la lectura de metales trazas fue hecho mediante digestión ácida y por espectrofotometría de absorción atómica de horno grafito. La proporción sexual presentada de hembras y machos en el estero Farfán fue de 1:1. El cobre presentó una correlación significativa en la concentración de metal entre sexos. Ocurrió una diferencia significativa entre el índice para hembras y el metal cadmio. Se dio una diferencia altamente significativa en la concentración de cobre y cadmio en gónadas entre las dos épocas anuales (lluviosa y seca). Los niveles de metales pesados en tejido gonadal no sobrepasaron los límites máximos permisibles. Se recomienda monitorear otras zonas del golfo de Montijo con la inclusión de otros metales tóxicos para los ecosistemas costeros.

PALABRAS CLAVES

Tejido gonadal, contaminación, crecimiento, reproducción, permisible.

CONCENTRATION OF HEAVY METALS (Cu and Cd), IN GONADAL TISSUE OF *A. tuberculosa* IN FARFÁN ESTUARY, OF MONTIJO GULF

ABSTRACT

The concentration of heavy metals (copper and cadmium) in the gonadal tissue of *Anadara tuberculosa* was determined, in the Farfan estuary, located in the Montijo gulf, in six sampling stations, during six months, samples of *Anadara tuberculosa* were taken by collection Handbook. The state of sexual development could be identified through observations under a microscope and routine histology. For the gonadic cycle, a four-stage scale was used for both sexes: undifferentiated, development, spawning and reabsorption. The processing of the samples for the reading of trace metals was done by means of acid digestion and by graphite furnace atomic absorption spectrophotometry. The sexual ratio presented of females and males in the Farfan estuary was 1: 1. Copper presented a significant correlation in the concentration of metal between sexes. A significant difference occurred between the female index and the cadmium metal. There was a highly significant difference in the concentration of copper and cadmium in gonads between the two annual seasons (rainy and dry). The levels of heavy metals in gonadal tissue did not exceed the maximum permissible limits. It is recommended to monitor other areas of the Montijo gulf with the inclusion of other metals toxic to coastal ecosystems.

KEY WORDS

Gonadal tissue, contamination, growth, reproduction, permisible.

INTRODUCCIÓN

Debido a que más del setenta por ciento de la población a nivel mundial, se ubica en las costas o cerca de ellas, una parte importante de los desechos que allí se producen se deposita directamente en ellas, unido a otros contaminantes que son transportados por los ríos al mar; como consecuencia de esto la mayor parte de la contaminación marina global es producto de las actividades humanas que se originan en la superficie terrestre (Escobar, 2002).

Los organismos marinos como los moluscos que usan branquias como principal ruta de nutrientes acumulan altos niveles de toxinas, entre ellas metales pesados; la contaminación está asociada con la materia particulada suspendida en la columna de agua, y el plancton ingerido durante el proceso de filtración. Estos especímenes han sido ampliamente utilizados como indicadores de contaminación de sistemas costeros, ya que por su carácter de organismos sésiles están permanentemente expuestos a los efectos de estas sustancias (Durán *et al.* 2004).

Los metales de mayor importancia de estudiar por sus características ecotoxicológicas son los conocidos como metales pesados, cuya concentración corresponde al orden de $1 \times 10^{-9} \text{ g.l}^{-1}$ (Rainbow, 1997). Entre ellos podemos encontrar Cu, Na, K, Ca, Fe, Mg, Mn, Mo, Zn, Co, que son esenciales para el funcionamiento de procesos bioquímicos; otros como el Cd, Hg, Pb, Cr, As, Be, Sn no tienen función biológica (Viarengo, 1985).

El contenido de metales pesados determinados en moluscos bivalvos se debe a su hábitat, ya que viven enterrados en el sedimento y son grandes filtradores de agua (Tobar *et al.* 2017). La presencia de metales pesados en moluscos bivalvos implica un grave problema para la salud de los consumidores de este tipo de alimento (Collaguazo *et al.*, 2017).

Según Vega (2004), los estudios de contaminación en el golfo de Montijo son incipientes. Se sospecha que las principales fuentes de contaminación en el área provienen de la actividad agrícola, del cultivo de camarones, la industria y las aguas servidas. Por esta premisa se hace importante realizar una evaluación de la presencia de contaminantes en el golfo, pues la pérdida de calidad biológica en sus aguas tiene un efecto directo sobre la zona (pesquerías, turismo) y puede llegar a afectar áreas vecinas, como lo es el Parque Nacional Coiba.

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la concentración de metales pesados Cu y Cd en el tejido gonadal de *A. tuberculosa* en el estero Farfán, golfo de Montijo.

ÁREA DE ESTUDIO

El estero Farfán está ubicado en el golfo de Montijo entre los 7° 44' 25" N y 81° 13' 32" W (Universidad de Panamá, 1974). Se establecieron seis estaciones; cuatro ubicadas a lo largo del estero; y dos hacia los puntos externos de la desembocadura, con el fin de determinar el gradiente de distribución de los metales pesados en el área. (Fig. 1).



Fig. 1 Localización del estero Farfán de muestreo en el Golfo de Montijo

MATERIALES Y MÉTODOS

Se establecieron seis estaciones de muestreo, ubicadas a lo largo del estero hasta llegar a la desembocadura. Mensualmente se colectaron 30 ejemplares de *A. tuberculosa*, a las cuales se le extrajo el tejido gonadal. La determinación histológica se hizo mediante la metodología señalada en el Manual de Técnicas Histológicas (Tapia, 1984). La distinción del sexo en *A. tuberculosa* se realizó al ser observadas bajo el microscopio y se clasificó la madurez de las gónadas con base en una escala de 4 etapas reproductivas según Charles (1972) y Gómez & Villalaz (1988) (Cuadro1). Se aplicó el índice gonadosomático ($IGS = (Pg/Pt) \times 100$) para verificar la tendencia reproductiva de *A. tuberculosa* en las épocas de estudio y su relación con la absorción de los metales pesados Cu y Cd.

Las gónadas para la lectura de metales pesados fueron procesadas a través de la metodología de Dalziel & Baker (1983). El contenido de metales pesados en las gónadas se determinó por espectrofotometría de absorción atómica, con horno de grafito.

Cuadro 1. Clasificación de la madurez gonadal en *Anadara tuberculosa*

Etapa	Macho	Hembra
1	Gónada esta rellena de tejido conectivo	Gónada esta rellena de tejido conectivo, entrando desde la membrana genital
2	Folículos pequeños no formados totalmente, con muchos espermatogonias primarias y secundarias	Folículos de tamaño moderado, totalmente formados. Algunos oocitos pedunculados. Oogonias y Oocitos presentes.
3	Folículos de tamaño moderado, tejido intersticial casi ausente, existen grandes masas de espermatozoides.	Vesícula germinal desaparece y los oocitos estan libres dentro de la gónada, Oogonias ausente, folículos grandes, con sus paredes delgadas. Poco tejido intersticial.
4	Hay una total reabsorción de la gónada	Hay una total reabsorción de la gónada

Etapas= 1: Indiferenciado; 2: Desarrollo; 3: Desove; 4: Reabsorción.

Se empleó prueba de análisis de varianza para determinar diferencias significativas entre las diferentes variables con respecto a los meses de muestreo. Se aplicó Prueba U de Mann-Whitney, para corroborar la existencia de diferencias significativas entre la concentración de Cu y Cd en gónadas con respecto a las estaciones y épocas de estudio. Tau de Kendall para determinar diferencias entre el estadio gonadal y la concentración de Cu y Cd; correlación de Spearman para determinar la

relación entre la concentración de Cu y Cd entre hembras - machos y para establecer la relación entre el índice gonadosomático con la concentración de metales pesados.

RESULTADOS

En cuanto a la diferenciación sexual bajo el microscopio, las hembras presentaron un porcentaje de 52.69% y los machos un 47.31%; manteniendo una proporción de sexos entre hembras y machos de 1:1 (Fig. 2)

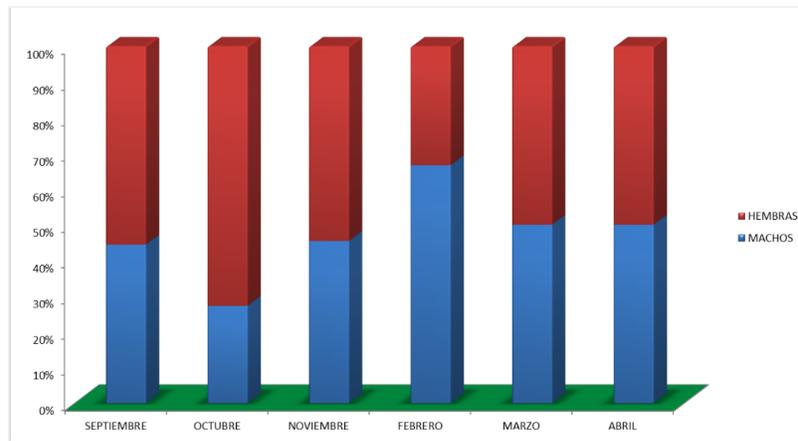


Fig. 2 Porcentaje de hembras vs machos de *Anadara tuberculosa* durante los meses de muestreo

Con respecto a los estadios de maduración prevaleció el estadio desove (38%), seguido del estadio desarrollo con un (32%), luego el estadio indiferenciado (22%) y por último el estadio reabsorción (8%) (**Fig. 3**)

Las máxima concentraciones de Cd encontrada en las gónadas en este estudio fue de 195.98 ng/g para el mes de octubre en temporada lluviosa y la mínima de 4.92 ng/g en el mes de marzo en temporada seca; por su parte el Cu mostró su máximo valor también para la época lluviosa siendo este de 3506.93 ng/g, en el mes de octubre, mientras que la concentración más baja ocurrió en época seca, a la vez en el mes de marzo con 79.14 ng/g (**Fig. 4**).

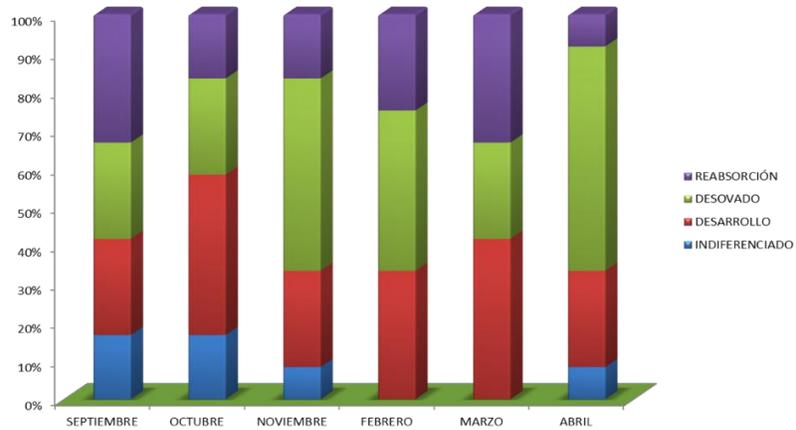


Fig. 3 Estadios de maduración en *Anadara tuberculosa* durante los meses de estudio

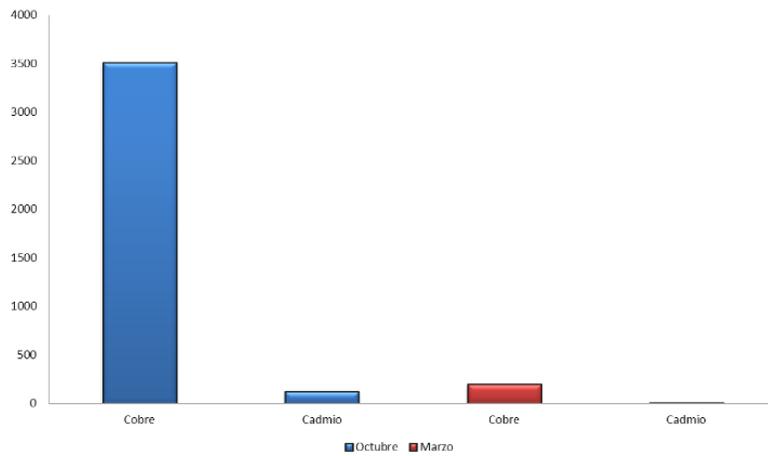


Fig. 4 Concentraciones máximas y mínimas de cobre y cadmio en gónadas de *Anadara tuberculosa* encontradas durante el periodo de estudio

La correlación de Spearman mostró que en el caso del Cu hay una correlación significativa en la concentración del metal entre sexos ($r = 0.4993$ $p = 0.0031$); mientras la concentración de Cd entre organismos por sexo (hembras y machos) no muestra relación entre estos ($r = 0.2160$ $p = 0.2515$).

Según la prueba Tau de Kendall existe relación altamente significativa entre el estadio gonadal y la concentración de Cd ($r = 0.1671$ $p = 0.0001$), sobre todo en el estadio desove con un 37,3 % de los individuos con metal concentrado. Sin embargo, no existe relación entre el estadio gonadal y la concentración de Cu. La correlación de Pearson fue significativa entre el índice gonadosomático para hembras y el Cd ($r = 0.9616$ $p = 0.0022$); sin embargo, no se dio relación entre el índice para hembras con el Cu, ni tampoco entre el índice para machos con los metales Cd y Cu.

Se aplicó un análisis de varianza, encontrándose que existe una diferencia altamente significativa en cuanto a la concentración de Cu en las gónadas (ANDEVA $F = 66,13$ $p = 0,0001$) y Cd (ANDEVA $F = 8,36$ $p = 0,0001$) entre los meses de muestreo; mediante la prueba de rango múltiple de Tukey se determinó que las concentraciones de Cu eran similares en los meses de febrero y marzo, de igual manera en abril y septiembre, pero diferentes entre ellos y los demás meses; mientras que las concentraciones de Cd sólo mostraron ser similares en marzo y abril, presentándose diferentes en el resto de los meses (**Fig. 5**)

De igual manera se les aplicó la prueba de U de Mann-Whitney la cual corroboró que existe una diferencia altamente significativa en la concentración de Cu ($U = 2122,50$ $p < 0,0001$) y en la concentración de Cd ($U = 736,0$ $p < 0,0001$) entre las dos épocas del año (lluviosa y seca) (**Fig. 6**); por lo que se encontró mayores concentraciones de metales en las gónadas de *A. tuberculosa* en la temporada intermedia lluviosa, con relación a la estación seca, posiblemente se deba a que las lluvias contribuyen a un mayor arrastre de residuos en los ríos, lo cual aumenta la concentración de metales disponibles en el medio.

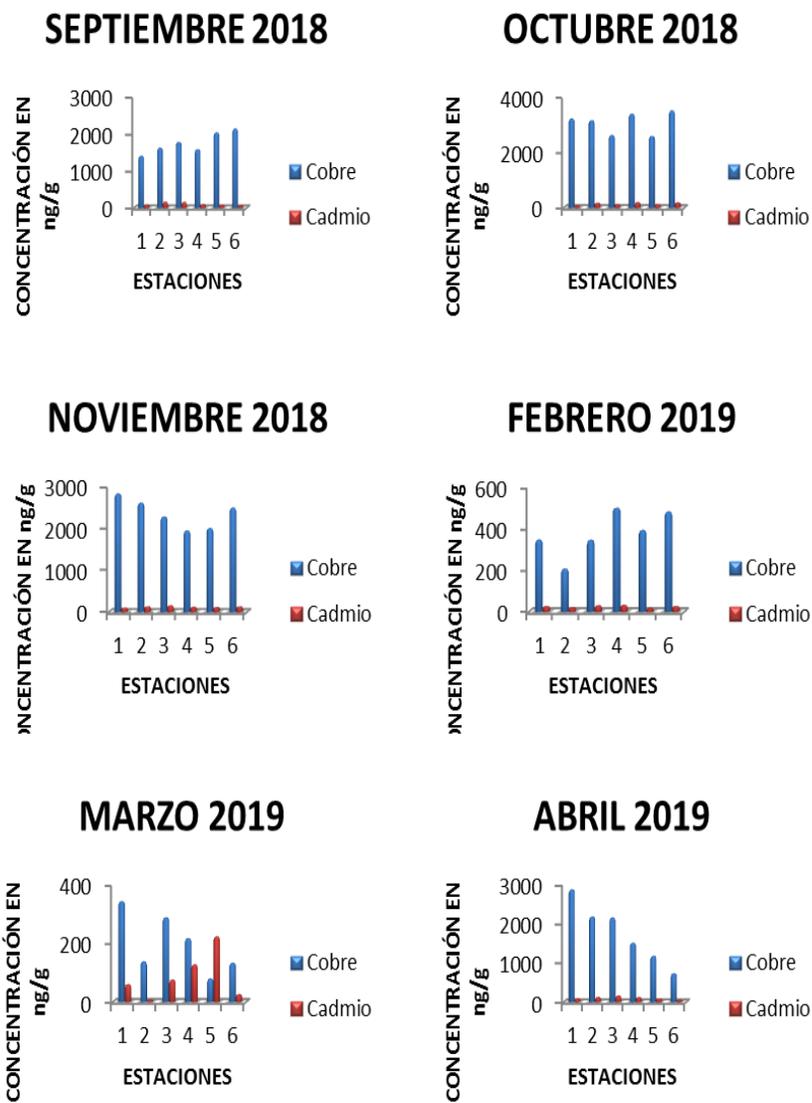


Fig. 5 Concentraciones de metales pesados Cu y Cd en gónadas de *Anadara tuberculosa* de acuerdo a los meses de muestreo

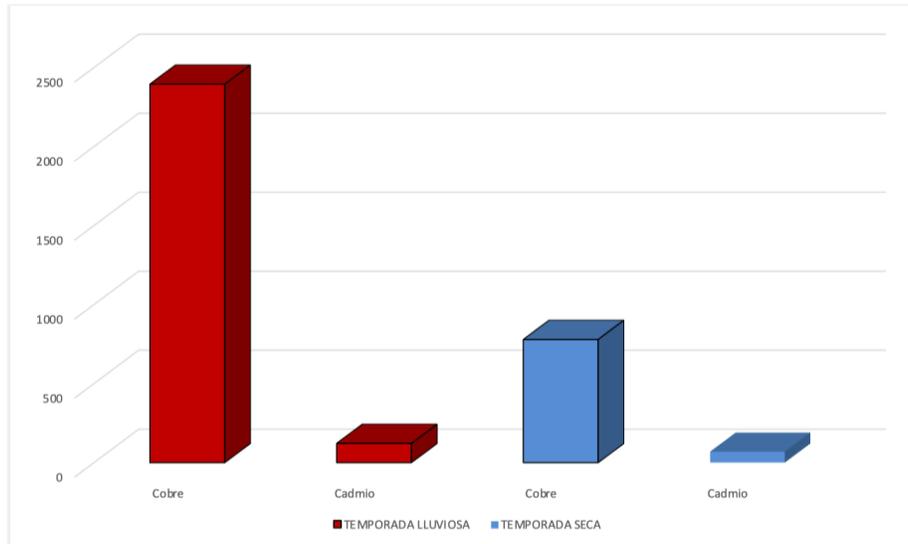


Fig. 6 Concentraciones de metales pesados Cu y Cd en gónadas de *Anadara tuberculosa* por época de estudios

El promedio de Cd determinado en las gónadas (muestra seca) fue de 0.096 µg/g (± 0.06) y el de Cu fue de 1.59 µg/g (± 1.10), siendo estos inferiores a los límites establecidos (1,0 µg/g de Cd, y de 2,0 µg/g de Cu) para moluscos, conforme a lo establecido por la FAO (Collete & Nauen, 1983), la FDA (2001) y el Departamento de Salud de Australia (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores promedios de Cadmio y Cobre en *A. tuberculosa* y su relación con los límites Internacionales

Elemento	Promedio µg/g	FAO µg/g	DHAA µg/g	FDA µg/g
Cadmio	0.096	1	2	4
Cobre	1.59	2	2.5	1.7

DISCUSIÓN

El Cu presentó una correlación significativa en la concentración entre sexos, es decir, que tanto hembras como machos mostraron una acumulación similar para este metal. A pesar de que el cobre presenta un comportamiento de nutriente y papel catalítico para muchos sistemas enzimáticos, se ha comprobado su toxicidad y efectos mortales cuando sus niveles aumentan en el ambiente; dicha toxicidad parece resultar de su interacción con las membranas celulares, las cuales son lábiles a los procesos lipoperoxidativos; el incremento en formación de radicales libres y la peroxidación puede conllevar a un estrés celular severo (Durán *et al.*, 2004).

Se dio una relación altamente significativa entre el estadio gonadal y la concentración de Cd sobre todo el estadio tres (desove), el cual representó el 37.3% de los individuos con metal concentrado, esto concuerda con la relación encontrada por la correlación de Spearman entre el índice gonadosomático y la concentración de metales que indica que cuando los individuos están más aptos para reproducirse acumulan más metal. Cossa *et al.* (1980) en su investigación en *Mytilus edulis* y Ahumada (1994) en su estudio de los tejidos de invertebrados bénticos de la Bahía de San Vicente, Chile; reportaron el Cd como metal con mayor factor de bioacumulación. De acuerdo a Ahumada (1994) el cadmio resultó el metal con mayor factor de acumulación en todos los organismos analizados en los tejidos de invertebrados bénticos en la Bahía de San Vicente, Chile, lo que al parecer depende de las características químicas de este elemento y la capacidad del organismo para bioconcentrarlo; sobre todo en etapa de reproducción y la adaptación estacional. Tobar *et al.* (2017) y Collaguazo *et al.* (2017) determinaron que *A. tuberculosa* tiene una gran capacidad para bioacumular el metal pesado Cd con respecto a otras especies de moluscos bivalvos.

La concentración del Cd puede afectar la capacidad metabólica mitocondrial del organismo, uniéndose a enzimas específicas lo que genera un efecto crónico que se puede detectar a través de la tasa respiratoria y de la excreción; por disminución del consumo de oxígeno

y la excreción de amonio (Naváez *et al.*, 2005); Castañé *et al.*, (2002) señalan que el Cd interacciona con el metabolismo del Ca en los animales sobre todo al inhibir la captación de Ca a partir del agua y que también se han notificado efectos subletales en el crecimiento y la reproducción de invertebrados acuáticos, así como modificaciones en las branquias.

Entre los efectos nocivos biológicos que se pueden observar en los organismos marinos debido a la contaminación por metales como Cu y Cd tenemos los cambios de comportamiento, alteraciones en los procesos biológicos, en el ciclo vital y efectos genéticos. Los efectos en las gónadas femeninas incluyen cambios en su forma, evidente plasmólisis, cambios en el tamaño del folículo, pérdida del núcleo, deformación y disminución de las células e inclusive el desmembramiento de las paredes; mientras que en los machos se observa dispersión en los paquetes de los espermatozoides, folículos deformados, tejido colateral disperso, material difuso e indicios de regresión gonádica (Scelzo, 1997).

Ocurrió una diferencia altamente significativa en cuanto a la concentración de Cu y Cd en las gónadas entre los meses de muestreo; al respecto Durán & Gómez, (2001) encontraron diferencias muy significativas en los tejidos de *A. tuberculosa* en cuanto al metal Cu durante los meses de muestreo; mientras que Durán *et al.*, (2004) indicaron diferencias altamente significativas del metal Cd acumulado en los tejidos de *A. tuberculosa* durante los diferentes meses de muestreo. Estos investigadores señalan que esto puede ser producto de la capacidad que tiene el organismo de acumular algunos metales de acuerdo con la disponibilidad en el medio.

El Cd y el Cu pueden ser acumulados directamente de los sedimentos y agua de mar, especialmente en los organismos marinos, los cuales utilizan sus tejidos branquiales y pared corporal como la ruta principal en la ingesta de nutrientes (Fuentes y Gómez, 2000). Los metales al no ser química ni biológicamente degradables se acumulan en los tejidos viscerales, lo que representa un peligro para las comunidades humanas que los incluyen dentro de su dieta, especialmente las comunidades

cercanas al área de contaminación de metales trazas (Duran *et al.*, 2004).

Se dio una diferencia altamente significativa en la concentración de Cu y Cd entre las dos épocas del año (lluviosa y seca), por lo que se encontró mayores concentraciones de metales en las gónadas de *A. tuberculosa* en la temporada lluviosa, cuando hubo grandes aportes fluviales y salinidades bajas. Esto concuerda con lo encontrado por Durán & Gómez, (2001) y Durán *et al.*, (2004), quienes reportaron mayores concentraciones de metales en los tejidos de *A. tuberculosa* durante la época lluviosa cuando hubo considerables aportes fluviales y baja salinidad, con respecto la época seca; Lakshmanan & Bhat, (1983), argumentaron que en la época de baja salinidades es más probable un incremento en la cantidad de especies iónicas de metales en solución.

Algunos estudios resaltan que los contenidos de metales pesados son más altos después de los eventos lluviosos, particularmente se encuentran elevados niveles de elementos metálicos producto de escorrentías y por actividades de reparación de embarcaciones (Márquez *et al.*, 2000; Martínez & Senior, 2001; Fuentes, 2001).

Las concentraciones máximas de Cu y Cd fueron de 3.51 $\mu\text{g/g}$ y 0.20 $\mu\text{g/g}$ respectivamente. Castillo *et al.*, (2005), reportaron valores máximos de Cu en gónadas del mejillón marrón *Perna perna* de 6.61 $\mu\text{g/g}$; mientras que de Cd el mayor valor fue de 2.51 $\mu\text{g/g}$, que son mayores a los reportados en el presente estudio. Sin embargo, el valor de Cu en estero Farfán fue superior al encontrado por Durán *et al.*, (2004), en estudios de campo en *A. tuberculosa* en Isla Tamborcillo con una concentración de Cu máxima de 1.29 $\mu\text{g/g}$ húmedo para la gónada de ejemplares de 47.08 mm \pm 1.12 durante seis meses concluyendo que los valores de Cu no afectaban a condición reproductiva.

Las concentraciones de Cu y Cd fueron inferiores a los estándares internacionales establecidos; por lo que responderían a valores esperados acorde a sus necesidades ecológicas y actividades metabólicas, si se considera que el Cu y el Cd son elementos esenciales y no esenciales respectivamente (Gutiérrez y Galindo *et al.*, 1990). Sin

embargo, la ley orgánica del ambiente en Venezuela resalta que la detección de metales como el Cu, tanto en ambientes acuáticos, como en los tejidos de organismos marinos de consumo humano reportan contaminación (Castillo *et al.*, 2005). Ruiz *et al.*, (2001), señalan que la sola presencia de contaminantes en un sitio es un indicador fuerte de actividad antrópica y por ende de contaminación; además la mayoría de estos contaminantes no son de ningún modo capaces de ser sintetizados por la naturaleza y de una u otra forma pueden ser bioacumulados por los organismos a través del tiempo.

CONCLUSIONES

La proporción de sexos (hembras-machos) fue de 1:1.

El Cu mostró una correlación significativa en cuanto a la concentración de este metal entre sexos.

El estadio de maduración que prevaleció fue el de desove.

Ocurrió una relación altamente significativa entre el estadio gonadal y la concentración de Cd, sobre todo en el estadio desovado.

Se dio una diferencia altamente significativa en cuanto a la concentración de Cu y Cd en gónadas de *A. tuberculosa* entre los meses de muestreo.

Se encontraron mayores concentraciones de metales pesados en las gónadas en época intermedia lluviosa que en época seca.

Los niveles de metales trazas en tejido gonadal no sobrepasaron los límites máximos permisibles para los moluscos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece en especial a Elvira González Moreno, Danilo Chang, Deika de Chang a los Colegas Edwin Rodríguez y José Manuel Castillo González y al Doctor Orlando Leone.

REFERENCIAS

Ahumada, R.1994. Nivel de concentración e índice de bioacumulación para metales pesados (Cd, Cr, Hg, Ni, Cu, Pb, Zn) en tejidos de invertebrados béticos de Bahía San Vicente, Chile. Rev. Biol. Mar. Valparaíso. Vol. 29:77-87.

Castañe P.M, M.L Topolian, R. R. Cordero & A. Salibián. 2002. Influencia de la Especiación de los Metales Pesados en Medios Acuáticos como Determinante de su Toxicidad. Rev. Toxicología Vol 20: 13-18.

Castillo I., V. Acosta, G. Martínez & M. Núñez. 2005. Niveles de Metales Pesados en Gónadas y Músculo Aductor del Mejillón Marrón *Perna perna*, Cultivado en la Ensenada Turpialito, Golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela. Rev. Zootecnia Trop. Vol: 23 (2).

Charles, A.1972. Maduración gonádica y fijación de *Cassostrea Rhizophorae* en una laguna hipersalina del Nororiente de Venezuela. Tomo 32, N°93:218-219.

Collette, B.B. and C.E. Nauen, 1983. FAO Species Catalogue. Vol. 2. Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date. Rome: FAO. FAO Fish. Synop. 125(2):137 p.

Cossa, D. E. B., Poulit, J. Piuze & J. Chanut. 1980. Geographical and seasonal variations in the relationship between trace metal content and body weight in *Mytilus edulis*. Marine Biology 58, 7 – 14.

Collaguazo C. Y., H. Ayala A., G. Machuca L. 2017. Cuantificación de Metales en *Anadara tuberculosa* (Mollusca: Bivalvia) del estero Huaylá de Puerto Bolívar, por espectrofotometría de absorción atómica. Revista Ciencia UNEMI. Vol. 10. N° 24, 1-10.

Dalziel, J. & C. Baker. 1983. Analytical methods for measuring metals by atomic absorption espectrophotometry. FAO Fis. Tech., 212:14-20.

Durán I. L. & J. A. Gómez. 2001. Concentración de Fe, Cu y Zn en los tejidos de *A. tuberculosa* (Pelecípoda. Arcidae) durante la estación lluviosa y seca (octubre 1998-marzo 1999) en Punta Chame, Panamá, Rep. Panamá. Scientia Vol. 26 N° 1, 43-51.

Durán I. L., M. V. Fuentes & J. A. Gómez, 2004. Concentración de cadmio, plomo y cobre en *Anadara tuberculosa* en manglar de isla Taborcillo, Punta Chame, República de Panamá. Tecnociencia, Vol. 6 N°2, 91-104

Escobar J. 2002. Recursos naturales e infraestructuras Series. CEPAL. (50):72.

FDA (U.S. FOOD & DRUG ADMINISTRATION—CENTER FOR FOOD SAFETY & APPLIED NUTRITION). 2001. Fish and fisheries products hazards and controls guidance. Third Edition. June 2001.

Fuentes, M. V. & J. A. Gómez. 2001. Metales trazas en *Ascidia nigra* (Savigny, 1816) colectada en zonas costeras del Estado Sucre, Venezuela Scientia Vol. 15 N° 2, 45-59.

Gómez, J. A. y J. Villaláz. 1988. Ciclo anual de Maduración Sexual de la conchuela *Argopecten circularis*. Rev. Scientia Vol 3, N°1:67-77.

Gutiérrez-Galindo, E., G. Flores, G. Olguin, J. Villaescusa. 1990. Biodisponibilidad de metales trazas en almejas y mejillón del valle agrícola de Mexicali y Alto Golfo de California. Ciencias Marinas, 16(4):1-28.

Laksmanan, P. & P. Nambisan. 1983. Seasonal variations in trace metal content in bivalve mollusks, 12: 100 – 103.

Márquez, A., W. Senior y G. Martínez. 2000. (Concentraciones y comportamiento de metales pesados en una zona Estuarina de Venezuela. Interciencia Vol. 25 N°6, 284-291.

Martínez, G y W. Senior. 2001. Especiación de metales pesados (Cd, Zn,

Cu, Cr) en el material en suspensión de la pluma del Río Manzanares, Venezuela. *Interciencia* Vol. 26 N° 2, 53-61.

Narváez, N., C. Lodeiros, O. Nusetti, M. Lomus y A. N. Maeda. 2005. Incorporación, Depuración y Efecto del Cadmio en el mejillón *Perna viridis* (L.1758) (Mollusca: Bivalvia). *Ciencias Marinas*. Vol.31: 91-102.

Rainbow, P. S. 1997. Ecophysiology of trace metal uptake in crustaceans. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 44: 169 – 175.

Ruiz, F. J. A. Gómez, J. Villalaz & J. Dutary. 2001. Estudio preliminar de plaguicidas organoclorados en sedimento marino superficiales de las playas del Salado y Agallito, República de Panamá. *Scientia* Vol.16 N° 2, 45-51.

Scelzo, M. A. 1997. Toxicidad del cobre en larvas nauplii del camarón comercial *Artemesia longinaris*, Bate (Crustacea, Decapada, Penaeidae). *Valparaíso* Vol. 25, 177-185.

Tapia, V. O. 1984. Manual de Técnicas Histológicas. Instituto Nacional de Pesca, México. 32 p.

Tobar J., M. Ramírez M., I. Fermín y W. Senior. 2017. Concentración de Metales pesados en Bivalvos *Anadara tuberculosa* y *A. similis* del Estero Huaylá, Provincia del Oro, Ecuador. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*. Vol. 51, 19-30.

Universidad de Panamá. 1974. Diccionario Geográfico de Panamá. Editorial Universitaria. 4 tomos.

Vega, A. 2004. Evaluación del recurso pesquero en el Golfo de Montijo. Primera Edición. Impresiones Marín. 56p.

Viarengo, A. 1985. Biochemical effects of trace metals. *Mar. Pollut. Bull.*, 16 (4): 153-158.

Recibido 12 de marzo de 2020, aceptado 30 de abril de 2020.