



Avances en Investigación Agropecuaria
ISSN: 0188-7890
revaia@ucol.mx
Universidad de Colima
México

Concentraciones de cobre y zinc en el ostión *Crassostrea gigas* cultivado en dos lagunas costeras del norte de Sinaloa, México

Góngora-Gómez, Andrés Martín; García-Ulloa, Manuel; Villanueva-Fonseca, Brenda Paulina; Domínguez-Orozco, Ana Laura; Hernández-Sepúlveda, Juan Antonio

Concentraciones de cobre y zinc en el ostión *Crassostrea gigas* cultivado en dos lagunas costeras del norte de Sinaloa, México

Avances en Investigación Agropecuaria, vol. 21, núm. 3, 2017

Universidad de Colima, México

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83757423002>

AVANCES EN INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA, volumen 21, número 3, octubre 2018 es una Publicación cuatrimestral editada por la Universidad de Colima, Av. Universidad # 333, Col. Las Víboras, Colima, Colima, México. CP 28045. Teléfono: (312) 3161000. Ext. 40011, www.ucol.mx/revaia, revaia@ucol.mx, aiaagropecuarias@yahoo.com.mx. Director responsable José Manuel Palma García. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2016-112411015200-203, ISSN digital "2683-1716", ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización, MC. Rosa Alejandra del Viento Camacho e Ing. Manuel Gutiérrez Gómez, Av. Universidad # 333, Col. Las Víboras, Colima, Colima, México. C.P. 28045. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.

Concentraciones de cobre y zinc en el ostión *Crassostrea gigas* cultivado en dos lagunas costeras del norte de Sinaloa, México

Copper and zinc concentrations in the oyster *Crassostrea gigas* cultivated in two coastal lagoons from northern Sinaloa, Mexico

Andrés Martín Góngora-Gómez
Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario
de Investigación para el Desarrollo Integral Regional
(CIIDIR), México

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83757423002>

Manuel García-Ulloa
Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario
de Investigación para el Desarrollo Integral Regional
(CIIDIR), México
turbotuag@hotmail.com

Brenda Paulina Villanueva-Fonseca
Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario
de Investigación para el Desarrollo Integral Regional
(CIIDIR), México

Ana Laura Domínguez-Orozco
Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario
de Investigación para el Desarrollo Integral Regional
(CIIDIR), México

Juan Antonio Hernández-Sepúlveda
Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario
de Investigación para el Desarrollo Integral Regional
(CIIDIR), México

Recepción: 24 Agosto 2017
Aprobación: 01 Marzo 2018

RESUMEN:

Los ostiones, por ser bivalvos sésiles y filtradores, son usados comúnmente como biomonitores de compuestos tóxicos. Los rangos de concentración de cobre y zinc del tejido de *Crassostrea gigas* de dos granjas de cultivo en el norte de Sinaloa (El Colorado, Ahome y La Pitahaya, Guasave). Durante las temporadas de seca y lluvia de 2005 fueron 0.73-204.38 y 102.38-622.62 µg/g (peso seco), respectivamente. La concentración de los metales fue diferente por estación y granja debido a los diversos aportes en cada sitio. En ambas granjas el orden de acumulación de metales fue Zn > Cu, presentando los valores más altos en lluvias. De acuerdo a las normas sanitarias internacionales, los niveles de Cu en ostiones de ambas granjas sobrepasaron los niveles permisibles, por lo que el consumo de ostiones provenientes de las dos granjas representó un riesgo para la salud humana. El presente trabajo cobra relevancia por la información obtenida comparada con aquella reportada a lo largo del tiempo para dichos metales en los sitios de cultivo estudiados.

PALABRAS CLAVE: Contaminación, metales, bivalvos, acuicultura, actividades antropogénicas, depuración.

ABSTRACT:

The oysters are sessile and filter-feeding bivalves, commonly used as biomonitors of toxic compounds. The ranges of concentrations of copper and zinc of the soft tissues of *Crassostrea gigas* from two cultivation farms located in northern Sinaloa (El Colorado, Ahome and La Pitaya, Guasave). During the rainy and dry season in 2005 were 0.73-204.38 and 102.38-622.62 µg/g (dry weight),

respectively. The concentration of metals was different between seasons and farms due to diverse contributions at each site. In both farms the order of accumulation of metals was $Zn > Cu$, presenting the highest values in rainy season. According to the international sanitary standards, the levels of Cu in oysters of both farms surpassed the permissible levels, so that the consumption of oysters coming from the two farms represent a risk for human health. The present work becomes relevant for the information obtained compared to that reported over time for such metals in the sites of studied cultivation.

KEYWORDS: Pollution, metals, bivalves, aquaculture, anthropogenic activities, purification.

INTRODUCCIÓN

El ostión del Pacífico o japonés, *Crassostrea gigas*, es la especie de molusco bivalvo más cultivada en el mundo, para el cual, se reportó un volumen de cosecha de 555,994 toneladas en el año 2013 (FAO, 2015). Su cultivo con fines comerciales inició en México en la década de los setenta, específicamente en el Golfo de California, lugar para el cual, se registró un aumento significativo en la producción, desde 407.27 toneladas en 2006, hasta 3,042 toneladas cosechadas en 2014 (SAGARPA, 2015).

En general, las granjas de ostión están ubicadas a lo largo de franjas costeras (esteros y lagunas) donde las altas concentraciones de productividad natural (Brusca *et al.*, 2017), aseguran el desarrollo de los bivalvos desde la siembra hasta su cosecha. Sin embargo, tales cuerpos de agua están también continuamente expuestos a contaminantes provenientes del arrastre de agua por los ríos que desembocan al mar y de desechos derivados de actividades antropogénicas (agricultura, acuacultura y minería, entre otros), los cuales son vertidos en canales, distritos de riego, ríos, para al final, escurrirse a esteros y lagunas costeras (Cadena-Cárdenas *et al.*, 2009).

Las áreas tradicionales para el cultivo de ostión en el norte del estado de Sinaloa, dentro del Golfo de California, están rodeadas por intensa actividad agrícola que consta de alrededor de 350,000 hectáreas de cultivo para maíz, jitomate, frijol y algodón, entre otros (Honorable Ayuntamiento de Guasave, 2016). De hecho, por su alta producción agrícola, esta parte del país es reconocida como el “Granero de México”. Por otro lado, más de 50 granjas para el cultivo de camarón se encuentran localizadas también en la parte norte del estado. Ambas actividades utilizan compuestos químicos en sus procesos productivos (fertilizantes, aditivos, pesticidas, medicamentos, etcétera) que se diluyen y son transportados por los cauces de los ríos, desembocando en el mar (Páez-Osuna y Osuna-Martínez, 2015), justo donde operan las granjas de ostión. Por ejemplo, Escobedo-Urías (2010) reportó que el sistema lagunar San Ignacio-Navachiste-Macapule, ubicado en el municipio de Guasave, Sinaloa, recibió 1,243.1 toneladas de nitrógeno orgánico y 37 toneladas de fósforo inorgánico derivado de la agricultura y la acuacultura en 2007. En ese mismo año, se utilizaron 6,500 toneladas de captan (fungicida con base en pentaclorofenol) en 5,000 hectáreas de cultivo en el norte del estado (Gómez-Arroyo *et al.*, 2013). Como todos los moluscos bivalvos, los ostiones son organismos sedentarios con hábitos alimenticios por filtración de agua, lo que los hace susceptibles a acumular contaminantes en sus tejidos (Páez-Osuna *et al.*, 1995), aun a concentraciones mayores que las que se pueden encontrar en el medio ambiente.

Los metales pesados se enlistan entre los contaminantes más comunes que los ostiones pueden acumular (Osuna-Martínez *et al.*, 2011; Vázquez-Boucard *et al.*, 2014), situación que los convierte en vectores de posibles afecciones para la salud humana ya que se consumen frescos. Debido a su alto grado de toxicidad, importancia en la salud pública (WHO, 1996) y continuo uso en las actividades agrícolas y acuícolas en el norte del estado de Sinaloa (Páez-Osuna *et al.*, 1993; Gómez-Arroyo *et al.*, 2013), el cobre (Cu) y zinc (Zn) representan metales de alta prioridad para ser evaluados en el cultivo de ostión como potenciales amenazas para la salud pública debido a su consumo.

Este trabajo tiene como objetivo reportar y comparar los contenidos de Cu y Zn en tejido de *C. gigas* cultivado en el estero La Pitahaya (Guasave) y la bahía El Colorado (Ahome), Sinaloa, México, en las temporadas de lluvias (abril) y secas (agosto) del año 2005, a fin de evaluar su riesgo potencial por su consumo

en crudo, contrastar los resultados obtenidos con aquellos reportados para esta especie en la misma zona en años subsiguientes, y sugerir medidas de control.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras fueron obtenidas de granjas ubicadas en el estero La Pitahaya ($25^{\circ}21'N$ - $25^{\circ}24'N$ y $108^{\circ}30'-108^{\circ}45'O$), municipio de Guasave, y la bahía El Colorado ($26^{\circ}06'-26^{\circ}32'N$ y $109^{\circ}01'-109^{\circ}20'O$), municipio de Ahome, del norte de Sinaloa (figura 1).

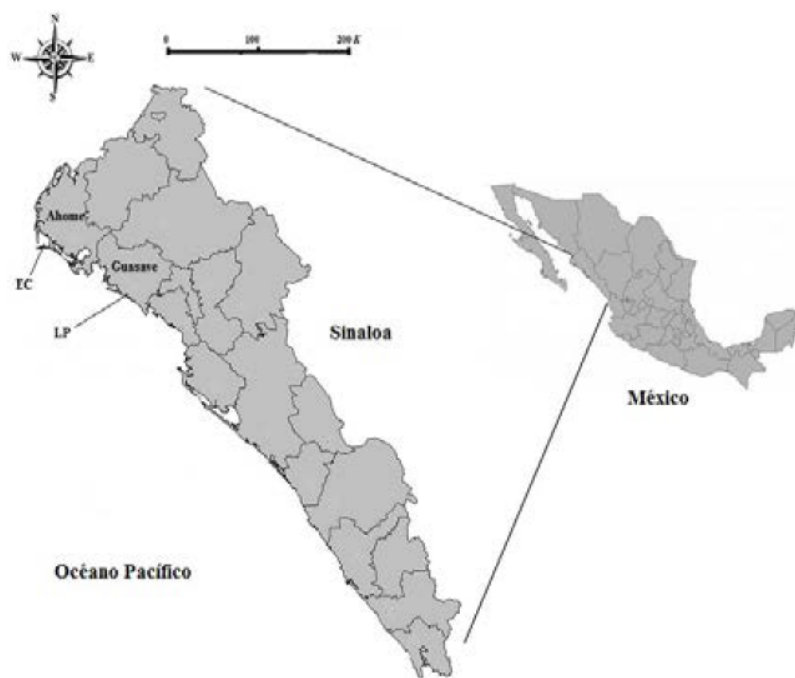


FIGURA 1

Localización de los sitios de cultivo: EC= El Colorado, Municipio de Ahome;
LP= La Pitahaya, Municipio de Guasave, en el estado de Sinaloa, México.

La granja de Guasave está localizada dentro del sistema lagunar San Ignacio-Nava-chiste-Macapule (22,314 hectáreas de área superficial), el cual está rodeado por mangle y una población de cerca de 91,500 personas (Páez-Osuna y Osuna-Martínez, 2015); presenta características marinas por su permanente conexión con el Golfo de California mediante dos bocas. Su clima es templado-subhúmedo con lluvias en verano (INEGI, 2018). La principal actividad en sus alrededores continentales se caracteriza por contar con 105,000 hectáreas de intensa actividad agrícola que es sostenida por la aplicación de altos niveles de fertilizantes y pesticidas (Hernández-Cornejo *et al.*, 2005), 6,620 hectáreas destinadas al cultivo de camarón (Páez-Osuna y Osuna-Martínez, 2015), además de recibir por arrastre, desperdicios municipales de la ciudad de Guasave (Ruíz-Luna y de la Lanza, 1999).

La granja de Ahome está localizada dentro de la laguna El Colorado, es parte del sistema lagunar Agiabampo-Bacorehuis-Río Fuerte Antiguo y recibe los aportes del río Fuerte y drenes agrícolas El Colorado y Pascola (Cárdenas, 2007). Presenta un clima seco-desértico con lluvias en verano (INEGI, 2018), y conexión permanente con el Golfo de California mediante una boca situada al suroeste de la laguna. Está rodeado por barras de arena, al igual que actividades agrícolas (cultivo de frijol, garbanzo y algodón) y acuícolas (cultivo de camarón) (Colín-Rangel, 2007).

Las semillas de ostión ($n=7,000$; 3-4 mm largo de la concha —desde umbo a la parte más distal de la concha— y 0.05 g de peso) fueron adquiridas del laboratorio del Instituto de Acuicultura de Sonora (cremes), situado en Bahía Kino, Sonora, México; aclimatadas (Gallo-García *et al.*, 2001) y cultivadas en canastas suspendidas a un sistema de “línea-madre” (García-Ulloa *et al.*, 2008). Las semillas fueron sembradas en ambas granjas a mediados de noviembre del 2004.

Se colectaron 60 ostiones de talla comercial (>80 mm de largo de la concha) por granja en cada temporada de muestreo (secas=abril y lluvias=agosto de 2005), se enjuagaron con agua de mar y se colocaron en bolsas de polietileno previamente lavadas con ácido nítrico (NH_3) al 30% para su transporte al laboratorio. Los bivalvos fueron limpiados para, posteriormente, ser sacrificados y desconchados. Se seleccionaron ostiones de similar tamaño en cada muestreo para limitar el efecto de la talla como una fuente de variación en los resultados. El tejido suave se removió de las conchas con un cuchillo para, después, ser enjuagado con agua bidestilada. Las muestras fueron secadas por liofilización, pulverizadas y homogenizadas en cuartos para que las fracciones fueran iguales en su composición. El peso fresco y seco de las muestras fue registrado usando una balanza digital (0.001 g). Se utilizaron químicos de alta calidad (grado GR, Merck Company) para evitar la contaminación de equipo y material por residuos de metal.

Las muestras (1.2-1.3 g, peso seco) fueron colocadas en envases para digestión de 50 ml equipados con válvulas de seguridad, y digeridas con 3 ml NH_3 (70%) y 0.5 ml de H_2O_2 (30%) en un digestor de microondas (Parr Physica Multiwave Six Place), primeramente a 300 W por 5 minutos, y después a 600 W durante 10 minutos. Una vez digeridas, las muestras se enfriaron a temperatura ambiente durante 20 minutos, fueron diluidas en 10 ml de agua desionizada y guardadas en refrigeración (0-5 °C) en viales de polietileno etiquetados hasta su análisis.

Las concentraciones de Cu y Zn fueron analizadas usando un espectrofotómetro de absorción atómica de flama (Perkin-Elmer, ICP Optima 31000). Los límites de detección para Cu y Zn fueron 0.032 y 0.039 $\mu\text{g/g}$ peso seco, respectivamente. La precisión de la metodología fue evaluada probando estos valores por duplicado y comparándolos con los obtenidos con el material de referencia (1566b para ostiones, National Bureau of Standards, NBS), los cuales fueron añadidos simultáneamente en cada digestión. Los porcentajes de recuperación del Cu y Zn fueron 96.98 y 95.33%, respectivamente. Las concentraciones de metales pesados se calcularon con base en peso seco ($\mu\text{g/g}$).

Se aplicó estadística descriptiva (promedio, desviación estándar) a los valores de metales y se obtuvo el coeficiente de variación (CV) para evaluar la confiabilidad de los datos con relación al efecto de las granjas y el peso promedio de los ostiones muestreados en cada temporada. Debido a que los datos mostraron ser no homogéneos, los valores promedio de las dos granjas y las dos temporadas fueron comparados usando estadística no paramétrica (pruebas de Kruskal-Wallis y Dunn). Para cada granja y por temporada, se usaron correlaciones entre los dos metales. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa STATISTICA (Statsoft Inc., Tulsa, OK, USA), a un nivel de significancia de $P < 0.05$.

RESULTADOS

Las concentraciones de Cu y Zn mostraron tendencias diferentes para las dos temporadas en las dos granjas. Se obtuvieron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las concentraciones de cada metal, comparando los dos esteros en temporada de seca y lluvia ($P = 0.02$ y $P = 0.03$ para Cu y Zn, respectivamente). El nivel promedio de Cu fue más alto para La Pitahaya en lluvias ($130.42 \pm 39.43 \mu\text{g/g}$, p.s.), mientras que los ostiones de El Colorado registraron la concentración más baja de este metal en la temporada de secas ($41.76 \pm 10.50 \mu\text{g/g}$, p.s.; cuadro 1). En el caso del Zn, el nivel más alto se encontró durante la temporada de lluvias en La Pitahaya ($324.86 \pm 55.47 \mu\text{g/g}$, p.s.), y el más bajo en los ostiones de El Colorado ($184.88 \pm 27.38 \mu\text{g/g}$, p.s.) en época de secas (cuadro 2).

CUADRO 1

Estadística descriptiva de la concentración de Cu en *Crassostrea gigas* cultivado en El Colorado (EC) y La Pitahaya (LP), Sinaloa, México, en temporada de lluvia y seca de 2005.

Zn	EC Lluvia	EC Seca	LP Lluvia	LP Seca
Promedio	269.15 ^c (215.32)*	184.88 ^a (147.90)	324.86 ^d (259.88)	217.32 ^b (173.32)
Desviación estándar	68.07	27.38	55.47	60.04
CV (%)	25.29	14.81	17.07	27.63
Máximo	533.12	231.47	475.52	622.62
Mínimo	102.38	122.98	173.29	167.42

*Número en negrita = promedio de peso en base fresca ($\mu\text{g/g}$). En la línea de los valores promedio, las letras superscriptas denotan diferencias significativas, $P \leq 0.05$ (análisis no paramétrico). CV = coeficiente de variación.

CUADRO 2

Estadística descriptiva de la concentración de Zn en *Crassostrea gigas* cultivado en El Colorado (EC) y La Pitahaya (LP), Sinaloa, México, en temporada de lluvia y seca de 2005.

Cu	EC Lluvia	EC Seca	LP Lluvia	LP Seca
Promedio	66.23 ^b (52.98)*	41.76 ^a (33.40)	130.42 ^c (104.33)	71.11 ^b (56.88)
Desviación estándar	34.92	10.50	39.43	15.81
CV (%)	52.72	25.14	30.23	22.23
Máximo	155.41	64.85	204.38	126.6
Mínimo	0.73	21.94	52.22	44.30

*Número en negrita = promedio de peso en base fresca ($\mu\text{g/g}$). En la línea de los valores promedio, las letras superscriptas denotan diferencias significativas, $P \leq 0.05$ (análisis no paramétrico). CV = coeficiente de variación.

El CV para el Cu, fluctuó entre 22.23% obtenido para los bivalvos de La Pitahaya en la seca, hasta 52.72% mostrado por los ostiones de El Colorado en lluvia (cuadro 1). Por otro lado, el menor CV para el Zn fue obtenido en El Colorado durante la seca (14.18%), mientras que el valor más alto se observó en La Pitahaya, también en la seca (27.63%; cuadro 2). En ambas granjas el orden de acumulación de metales fue $\text{Zn} > \text{Cu}$, presentando los valores más altos en lluvia. Las correlaciones entre Cu-Zn variaron desde $r=0.38$ en La Pitahaya durante la seca, hasta $r=0.88$ obtenido en lluvias para El Colorado.

DISCUSIÓN

Los valles del norte y centro del estado de Sinaloa son considerados, desde hace décadas, como áreas de producción de alimentos en los que se despliega una intensa actividad agrícola, cuya tecnología requiere del aporte de grandes cantidades de agroquímicos y fertilizantes basados en la presencia de Cu y Zn (Frías-Espiricueta *et al.*, 2009); y por lo mismo, existen varios reportes a lo largo de los años en o cerca de las granjas estudiadas acerca de la acumulación de estos metales en organismos “centinela” o indicadores —como son los ostiones—, ya sea de poblaciones naturales o de granjas de cultivo.

Por ejemplo, Páez-Osuna *et al.* (1991) recolectaron ejemplares de *Saccostrea palmula* y *C. corteziensis* de la bahía Navachiste —donde se localiza el estero La Pitahaya— para analizar la acumulación de Cu y Zn en

el tejido suave de estas especies, y reportaron niveles promedio de 67.4 y 509 $\mu\text{g/g p.s.}$, respectivamente. Las concentraciones promedio de Cu, obtenidas en el presente estudio para esta granja en secas (71.11 $\mu\text{g/g p.s.}$) y lluvias (130.42 $\mu\text{g/g p.s.}$), fueron mayores que las reportadas por dichos autores, pero no para las de Zn, que fueron menores de 325 $\mu\text{g/g p.s.}$, en ambas temporadas. En otro estudio realizado por Páez-Osuna *et al.* (2002) en varias lagunas costeras del Pacífico mexicano, obtuvieron niveles de Cu y Zn de 153 $\mu\text{g/g p.s.}$ y 517 $\mu\text{g/g p.s.}$, respectivamente, en el ostión de piedra (*C. corteziensis*) de la laguna Navachiste, concentraciones que son altas comparadas a las encontradas en este trabajo para las dos temporadas. También con la misma especie de ostión y en la misma laguna, Frías-Espiricueta *et al.* (2009) reportaron niveles promedio de 60.46 ± 21.11 $\mu\text{g/g p.s.}$ para el Cu y 389.58 ± 114.66 $\mu\text{g/g p.s.}$ para el Zn en el tejido suave del ostión, los cuales son mayores para los dos metales comparados con los promedios obtenidos para la granja en el estero La Pitahaya en las dos temporadas de 2005.

En otro trabajo, Osuna-Martínez *et al.* (2011) determinaron la concentración de Cu y Zn en el tejido suave de *C. gigas* habiendo sido cultivado en la Bahía El Colorado, Ahome, y reportaron rangos de 9.1-58.0 y 113.0-478.0 $\mu\text{g/g p.s.}$ para Cu y Zn, respectivamente. Los niveles de Cu obtenidos en el presente trabajo para la misma localidad, se ubicaron por encima (lluvia, 66.23 ± 34.92 $\mu\text{g/g p.s.}$) y por debajo (seca, 41.76 ± 10.50 $\mu\text{g/g p.s.}$) del límite máximo registrado por dichos autores. Por otro lado, los valores de Zn estudiados para las dos temporadas se encuentran por debajo del límite mayor reportado por los autores. Vázquez-Boucard *et al.* (2014) reportaron niveles de Zn en un rango entre 405.5 a 987.8 $\mu\text{g/g p.s.}$ en ostiones recolectados de granjas al norte de Sinaloa, siendo mayores a los obtenidos en el presente estudio. Páez-Osuna y Osuna-Martínez (2015) analizaron el contenido de Cu y Zn en *C. corteziensis* de las dos lagunas donde se ubican las granjas de este estudio y registraron 63.3 ± 25.3 y 920 ± 842 $\mu\text{g/g p.s.}$ en El Colorado, y 112.6 ± 109.1 y 685 ± 604 $\mu\text{g/g p.s.}$ en Navachiste, respectivamente. En promedio de las dos temporadas, tanto la concentración del Cu (53.99 en El Colorado; 100.76 en La Pitahaya) como la del Zn (227.01 en El Colorado; 271.09 en La Pitahaya) fueron menores en este trabajo.

Cuando se compararon los valores promedio de Cu y Zn reportados en los diferentes años con los obtenidos en el presente estudio, no se distingue una tendencia geográfica definida, y lo anterior sugiere que la distribución de los metales no depende exclusivamente de las corrientes y mareas en cada lugar, sino también, de otros aspectos como el nivel de exposición al metal, la especie y tamaño de los organismos (Páez-Osuna *et al.*, 1998), y de los aportes de metales propios de cada sitio de cultivo (Frías-Espiricueta *et al.*, 2009), mismos que varían dependiendo del crecimiento y desarrollo de las diferentes actividades antropogénicas. De hecho, los valores de CV en las dos localidades indican una alta variación en los niveles sin mostrar una clara tendencia en la acumulación de los metales estudiados. De manera general, la concentración de metales pesados se incrementa durante la temporada de secas (Páez-Osuna *et al.*, 1995; Chen y Chen, 2003), sin embargo, no sucedió así en este estudio, ya que para ambas granjas, los mayores niveles de Cu y Zn se obtuvieron en ostiones muestreados durante la época de lluvias. Lo anterior puede explicarse por varios factores, incluyendo diferencias estacionales en el suplemento de alimento (productividad), cambios en el arrastre de partículas metálicas en periodos de baja o alta precipitación y variaciones relacionadas al ciclo reproductivo de los ostiones (Páez-Osuna y Osuna-Martínez, 2015). Por otro lado, las variaciones en el inicio e intensidad de cada temporada con relación al tiempo de muestreo afectarían de igual manera en las concentraciones de Cu y Zn encontrados. También, las intensas actividades agrícolas y acuícolas que se desarrollan en las zonas estudiadas basadas en la aplicación de agroquímicos en el suelo y en el uso de aditivos alimenticios, fertilizantes y antibióticos que se vierten en los estanques (Páez-Osuna y Osuna-Martínez, 2015), son factores de variación en los niveles de metales contenido en organismos filtradores. Otras actividades que ayudan a explicar las diferencias en los resultados con relación al tiempo, son la mayor intensidad de la pesca y el turismo que se desarrolla en el sistema lagunar San Ignacio-Navachiste-Macapule, donde se encuentra la granja en el estero La Pitahaya (Ruíz-Luna y de la Lanza-Espino, 1999) —comparado con El Colorado—, y las descargas urbanas de la ciudad de Guasave (Escobedo-Urías, 2010) que contribuyen

ocasionalmente con aportes en exceso nutrientes en forma de N y P. El uso de agroquímicos, particularmente fertilizantes con Cu y Zn (UNEP, 2000), son eventualmente lavados del suelo y transportados a las zonas costeras donde las granjas ostrícolas se ubican.

Las normas sanitarias internacionales que fijan los límites máximos de contenido (peso húmedo, p.h.) para Cu y Zn en productos acuáticos, establecen unas concentraciones de 32.5 µg/g p.h. (FAO, 1983) y 718 µg/g p.h. (FDA, 1993), por lo que los niveles de Cu en ostiones de ambas granjas sobrepasaron los niveles permisibles. El consumo de ostiones con altos niveles de Cu puede provocar irritación, vómitos, úlceras y daño hepático (ATSDR, 2004), por lo que las concentraciones registradas en *C. gigas*, cultivado en las dos granjas estudiadas durante 2005, representaron un riesgo para la salud humana. Sin embargo, el efecto de las concentraciones obtenidas de este metal pudiera ser inconsistente por la forma química en que se ingiera (Gómez-Arroyo *et al.*, 2013; Leyva-Morales *et al.*, 2014), lo cual pudiera acelerar o detener su efecto dañino, además de que este molusco es consumido ocasionalmente.

Debido a la constante e intensa actividad agrícola que se ha desarrollado en la región por décadas, a la importancia económica del ostión y al hecho de ser consumido crudo, el presente trabajo cobra relevancia por la información obtenida y vertida comparada con aquella reportada a lo largo del tiempo. Es recomendable el monitoreo periódico de la acumulación de metales en ostiones silvestres y cultivados en el norte de Sinaloa. La persistente presencia desde hace décadas de Cu y Zn en estos bivalvos, a concentraciones que en ocasiones rebasan los límites permisibles sanitarios, obliga a los científicos a implementar un programa de monitoreo permanente en las granjas, y a las autoridades a establecer medidas de control como la depuración de los moluscos antes de su consumo, mover los cultivos a zonas con menos influencia antropogénica y/o el uso de agua esterilizada para disminuir el contenido de dichos metales en los ostiones (Wang y Wang, 2014).

CONCLUSIONES

Al comparar los niveles de metales en ostión con otros reportes en los mismos lugares desde hace más de dos décadas, no se detecta una clara tendencia de acumulación. Las concentraciones de Cu y Zn registradas en tejido de *C. gigas* durante las épocas de seca y lluvia de 2005 fueron influidas por varios factores, entre los cuales destacan las actividades antropogénicas de la región. El consumo de ostiones provenientes de las dos granjas representó un riesgo para la salud humana por rebasar los límites permisibles internacionales del Cu.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto Politécnico Nacional (IPN) por el apoyo financiero y logístico otorgado al presente trabajo (Proyecto SIP-16345: Concentración de metales pesados en un cultivo de organismos triploides de ostión japonés *Crassostrea gigas* en Isla Los Redos, Ensenada Pabellones, Navolato, Sinaloa), a través de Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado (SIP-IPN) y de la Comisión de Operaciones y Fomento de Actividades Académicas (COFAA-IPN).

REFERENCIAS

- ATSDR (Agency for Toxic Substances & Disease Registry). (2004). *Toxicological profile for cooper*. Atlanta, GA: Departamento de Salud y de Servicios Humanos de EUA. Servicio de Salud Pública. [Actualizado en el 2007]. http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_ph132.html (Consultada el 20 de marzo de 2017).
- Brusca R. C.; Álvarez-Borrego, S.; Hastings, Ph. A. and Findley, L. T. (2017). Colorado river flow and biological productivity in the Northern Gulf of California, Mexico. *Earth-Science Rivers*. 164: 1-30.

- Cadena-Cárdenas, L.; Méndez-Rodríguez, L.; Zenteno-Savín, T.; García-Hernández, J. and Acosta-Vargas, B. (2009). Heavy metal levels in marine mollusks from areas with, or without, mining activities along the Gulf of California, Mexico. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 57: 96-102.
- Cárdenas, G. S. (2007). *Modelación hidrodinámica de la laguna costera El Colorado, Ahome, Sinaloa*. Tesis de Maestría, CIIDIR-Instituto Politécnico Nacional, Unidad Sinaloa, Guasave, Sinaloa, México.
- Chen Ch.-Y. and Chen M.-H. (2003). Investigation of Zn, Cu, Cd and Hg concentrations in the oyster of Chi-ku, Tai-shi and Tapeng Bay, Southwestern Taiwan. *J. Food Drug Anal.* 11: 32-38.
- Colín-Rangel, G. (2007). *Drenes Carrizo, Fuerte-Mayo. Ficha Informativa de los Humedales de RAMSAR (FIR)*. <http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/sitios/FIR-RAMS/Sonora-Sinaloa.htm> (Consultada el 25 de febrero 2017).
- Escobedo-Uriás, D. C. (2010). *Diagnóstico y descripción del proceso de eutrofización en lagunas costeras del norte de Sinaloa*. Tesis Doctoral. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), Instituto Politécnico Nacional, La Paz, Baja California Sur, México.
- FAO. (1983). *Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products*. FAO Fishery Circular No. 464, Roma, Italia. 100 pp.
- FAO. (2015). *Food and Agriculture Organization of the United Nations. Fisheries and Aquaculture Department. Cultured Aquatic Species Information Programme. Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793). <http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Crassostrea/gigas/en> (Consultada el 24 de julio de 2017).
- FDA (Federal Drug Administration). (1993). *Guidance Document for Lead in Shellfish*. Center for Food Safety and Applied Nutrition United States Food and Drug Administration 200 st., S. W. Washington, D. C., U. S A. 502 pp.
- Frías-Espéricueta, M. G.; Osuna-Páez, I.; Bañuelos-Vargas, I.; López-López, G.; Muy-Rangel, M. D.; Izaguirre-Fierro, G.; Rubio-Carrasco, W.; Meza-Guerrero, P. C. and Voltolina, D. (2009). Cadmium, copper, lead and zinc contents of the mangrove oyster, *Crassostrea corteziensis*, of seven coastal lagoons of NW Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 83: 595-599.
- Gallo-García, M. C., García-Ulloa, M.; Godínez-Siordia, D. y Rivera-Gómez, K. (2001). Estudio preliminar sobre el crecimiento y supervivencia del ostión del Pacífico *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1873) en Barra de Navidad, Jalisco, México. *Universidad y Ciencia*. 17: 83-91.
- García-Ulloa, M.; Gallo-García, M. C.; Ponce-Palafox, J. T. y Arredondo-Figueroa, J. L. (2008). Efecto de la cal en el control de gusanos barrenadores (Polychaete: Spionidae) en un cultivo experimental de ostión variando el tiempo de inmersión y la frecuencia de aplicación. *Universidad y Ciencia*. 24: 125-134
- Gómez-Arroyo, S.; Martínez-Valenzuela, C.; Calvo-González, S.; Villalobos-Pietrini, R.; Waliszewski, S. M.; Calderón-Segura, M. E.; Martínez-Arroyo, A.; Félix-Gastélum, R. and Lagarda-Escarrega, A. (2013). Assessing the genotoxic risk for mexican children who are in residential proximity to agricultural areas with intense aerial pesticide application. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 29: 217-225.
- Hernández-Cornejo, R.; Koedam, N.; Ruiz-Luna, A.; Troell, M. and Dahdouh-Guebas, F. (2005). Remote sensing and ethnobotanical assessment of the mangrove forest changes in the Navachiste-San Ignacio-Macapule lagoon complex, Sinaloa, México. *Ecología y Sociedad* 10: 1-16.
- Honorable Ayuntamiento de Guasave. (2016). *Guasave, Avanzando Juntos*. 2014-2016. http://guasave.gob.mx/sitio/index.php?option=com_content&view=article&id=1573:informacion-de-guasave&catid=121:servicios&Itemid=20 (Consultada el 4 de diciembre de 2016).
- INEGI. (2018). *Instituto Nacional de Geografía e Informática*. <http://guasave.gob.mx/s/informacion-de-guasave-2/> (Consultada el 19 febrero 2018).
- Leyva-Morales, J. B.; García de la Parra, L. M.; Bastidas-Bastidas, P. J.; Astorga-Rodríguez, J. E.; Bejarano-Trujillo, J.; Cruz-Hernández, A.; Martínez-Rodríguez, I. E. y Betancout-Lozano, M. (2014). Uso de plaguicidas en un valle agrícola tecnificado en el noroeste de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 30: 247-261.

- Osuna-Martínez, C. C.; Páez-Osuna, F. and Alonso-Rodríguez, R. (2011). Cadmium, copper, lead and zinc in cultured oysters under two contrasting climatic conditions in coastal lagoons from the SE Gulf of California. *Bulletin on Environmental Contamination and Toxicology* 87: 272-275.
- Páez-Osuna, F. and Osuna-Martínez, C. C. (2015). Bioavailability of cadmium, copper, mercury, lead, and zinc in subtropical coastal lagoons from the Southeast Gulf of California using mangrove oysters (*Crassostrea corteziensis* and *Crassostrea palmula*). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 68: 305-316.
- Páez-Osuna, F.; Zazueta-Padilla, H. M. and Izaguirre-Fierro, G. (1991). Trace metals in bivalves from Navachiste lagoon, México. *Marine Pollution Bulletin*. 22: 305-307.
- Páez-Osuna, F.; Gracia, A.; Flores-Verdugo, F.; Lyle-Fritch, L. P.; Alonso-Rodríguez, R.; Roque, A. and Ruiz-Fernández, A. C. (1993). Biochemical composition of the oysters *Crassostrea iridescens* Hanley and *Crassostrea corteziensis* Hertlein in the Northwest coast of Mexico: seasonal changes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 170: 1-9.
- Páez-Osuna, F.; Frías-Espericueta, M. G. and Osuna-López, J. L. (1995). Trace metal concentration in relation to season and gonadal maturation in the oyster *Crassostrea iridescens*. *Marine Environmental Research* 40: 19-31.
- Páez-Osuna, F.; Osuna-López, J. I. and Vázquez-Botello, A. V. (1998). *Biomonitoreo de la contaminación en las aguas costeras del Pacífico subtropical Mexicano: metales pesados, plaguicidas e hidrocarburos del petróleo*. Informe Técnico Académico Final, Proyecto Conacyt 0185PT, México.
- Páez-Osuna, F.; Ruiz-Fernández, A. C.; Botello, A. V.; Ponce-Vélez, G.; Osuna-López, J. I.; Frías-Espericueta, M. G.; López-López, G. and Zazueta-Padilla, H. M. (2002). Concentrations of selected trace metals (Cu, Pb, Zn), organochlorines (PCBs, HCB) and total PAHs in mangrove oysters from the Pacific Coast of Mexico: an overview. *Baseline/Marine Pollution Bulletin*. 44: 1296-1313.
- Ruiz-Luna, A. y de la Lanza-Espino, G. (1999). *Sistemas rurales de producción camaronícola en Guasave, Sinaloa y norte de Nayarit (descripción física, entorno y ubicación)*. Centro de Investigación, Alimentación y Desarrollo (Unidad Mazatlán) y Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 45 pp.
- SAGARPA. (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). (2015). *Informe de producción y captura*. http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/consulta_especifica_por_produccion (Consultada el 25 de marzo 2017).
- UNEP. United Nations Environment Programme. (2000). *Overview on land based pollutant sources and activities affecting the marine, coastal and freshwater environment in the Pacific islands region*. Nairobi, Kenya. Technical Report. Nairobi, Kenya.
- Vázquez-Boucard, C.; Anguiano-Vega, G.; Mercier, L. and Rojas del Castillo, E. (2014). Pesticide residues, heavy metals, and DNA damage in sentinel oysters *Crassostrea gigas* from Sinaloa and Sonora, Mexico. *Journal of Toxicology and Environmental Health A*. 77: 169-176.
- Wang, L. and Wang, W. X. (2014). Depuration of metals by the green-colored oyster *Crassostrea sikamea*. *Toxicology & Chemistry*. 33: 2379-2385.
- WHO. (World Health Organization) (1996). *Trace elements in human nutrition and health*. Geneva, Italy. 178 pp.

Apéndice



Equifloral

Autora: Marisol Herrera Sosa

Técnica: Acuarelas

Medidas: 21.5 cm x 17.8 cm