

Contaminación por plaguicidas organoclorados en el *Crassostrea virginica* en Mandinga, México

Contamination by oranchlorinated pesticides in *Crassostrea virginica* in Mandinga, Mexico

Ruth Patricia Aragón- López,¹ María del Refugio Castañeda-Cávez,²
Alejandro Granados-Barda¹ y David Salas-Monreal¹

¹ Universidad Veracruzana. Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías,
Ver. 94290, México. E-mail: davsalas@uv.mx

² Instituto Tecnológico de Boca del Río, Ver. 94290, México.

RESUMEN

En México, el consumo del *Crassostrea virginica* acumula ingresos cercanos a los tres millones de dólares, equivalente a una producción total nacional de 19 568 t. Dentro de esa producción el sistema lagunar de Mandinga (Veracruz, México) tiene un aporte importante (~8 % de la producción nacional). Sin embargo, esta actividad se ha deteriorado por procesos de contaminación antrópica, así como por las escorrentías que reciben de las cuencas de los ríos. Con base en ello, en este trabajo se evaluó el impacto sobre la condición somática del *Crassostrea virginica*, causado por la concentración de plaguicidas organoclorados. Los muestreos se realizaron en el año 2010, en cuatro bancos ostrícolas productivos durante las temporadas de lluvia (septiembre), secas o estiaje (abril) y frentes fríos (noviembre), localmente conocidos como "nortes". Se encontraron 17 plaguicidas organoclorados destacando el sulfato endosulfán, con 39,35 ng/g durante norte y 37,51 ng/g durante lluvias y el Alfa BHC, con 2 166,53 ng/g durante lluvia. Lo anterior mostró evidencia de contaminación por plaguicidas organoclorados mayores a las aceptadas para el consumo humano.

Palabras clave: Sistema Arrecifal Veracruzano, río Jamapa, estuario de Cuña Salada, *Crassostrea virginica*, laguna de Mandinga.

ABSTRACT

In Mexico, the consumption of *Crassostrea virginica* accumulates income close to three million dollars, equivalent to a total national production of 19,568 t. Within this production, the lagoon system of Mandinga (Veracruz, Mexico) has an important contribution (~8 % of the national production). However, this activity has deteriorated due to anthropic contamination processes, as well as to the run-offs they receive from the river basins. Based on this, this work evaluated the impact on the somatic condition of *Crassostrea virginica*, caused by the concentration of organochlorine pesticides. Sampling was done in 2010, in four productive oyster banks during the rainy (September), dry or low water season (April) and cold fronts (November), locally known as "north". Seventeen organochlorine pesticides were found, highlighting the endosulfan sulfate, with 39,35 ng/g during and 37,51 ng/g during the rains and the Alpha BHC, with 2 166,53 ng/g during rain. The above showed evidence of contamination by organochlorine pesticides greater than those accepted for human consumption.

Keywords: Veracruz Reef System, Jamapa river, Cuña Salada estuary, *Crassostrea virginica*, Mandinga lagoon.

Recibido: 14/2/19

Revisado: 17/9/19

Aceptado: 20/9/19

INTRODUCCIÓN

El crecimiento acelerado de la población y la consecuente necesidad de producir mayor cantidad de alimentos han incrementado la demanda de agroquímicos. Actualmente, el reto por resolver es el control de plagas y vectores. El uso excesivo de estas sustancias, específicamente los organoclorados (García & Dorronsoro, 2010), han generado daños ambientales irreversibles (Albert, 1996). La remoción de los plaguicidas organoclorados del ambiente se torna compleja por su alta capacidad de movilidad y los múltiples factores relacionados con su manejo. Derivado de lo anterior, en los últimos años la biota existente en los diferentes ecosistemas acuáticos ha sido afectada de manera directa, situación que se ha observado particularmente en las lagunas del Golfo de México (GoM), donde el principal recurso pesquero de organismos bivalvos es el *C. virginica*. Con el fin de apoyar a esta pesquería, la Secretaría de Salud (México) establece el Programa Nacional de Moluscos Bivalvos (PSMB), donde especifica las condiciones fisicoquímicas y biológicas, así como los niveles de contaminación permisibles en un sistema lagunar para certificar la calidad de estos recursos pesqueros con base en las regulaciones de la U.S. FDA (Food and Drugs Administration de Estados Unidos de Norteamérica). No obstante, y a pesar de la importancia socioeconómica al sur del GoM aún no se han realizado estudios para su certificación (CICOPLAFEST, 1998). La producción mundial ostrícola es superior a los 3,9 millones de toneladas, de las cuales México aporta el ~1,23 %.

El ostión, es un molusco con características fisiológicas que lo señalan como un organismo bioindicador de contaminantes. En el caso de los plaguicidas organoclorados, la acumulación es producto de la alta solubilidad en lípidos y del ineficiente metabolismo del organismo (Zilli & Gagneten, 2005). Los plaguicidas organoclorados se biomagnifican a través de la tramatófica, estos son productos que inhiben los neurotransmisores que transmiten los reflejos, respuestas e impulsos de los seres humanos (Ramírez & Lacazaña, 2001). Ritter (1995) ha denominado a estas sustancias como Sustancias Tóxicas Persistentes (STP) e incluyen a las sustancias Contaminantes Orgánico-Persistentes (COP) generalmente clorados, compuestos polibromados e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), entre otros.

Desde el 2001 se realizan acciones para el control de las 12 COP de mayor uso y peligrosidad, consideradas como causantes de cáncer y defectos congénitos en humanos y animales. La propiedad lipofílica de los plaguicidas organoclorados provoca bioconcentración o bioacumulación (INE, 2007), que en términos toxicológicos, es cuando las sustancias químicas se acumulan

en organismos vivos, alcanzando concentraciones más elevadas que las concentraciones en el medio ambiente o en los alimentos de donde las obtienen (Niesink *et al.*, 1996). De esta manera, la persistencia es el tiempo que permanece en el medio ambiente, manteniendo su estructura y su actividad biológica. Las principales vías de introducción de estas sustancias en los organismos vivos son la respiratoria, la digestiva y la integumentaria (Niesink *et al.*, 1996). Por tal motivo el objetivo principal de este trabajo fue mostrar si existe evidencia de contaminación por plaguicidas organoclorados, mayores a las aceptadas para el consumo humano en el *Crassostrea virginica* y de ser así, evaluar el impacto sobre la condición somática del organismo.

MATERIAL Y MÉTODOS

El Sistema Lagunar de Mandinga (Fig. 1) se localiza de los $-96,12^{\circ}$ W a los $-96,04^{\circ}$ W y entre los $18,08^{\circ}$ N a los $19,06^{\circ}$ N, está asociada al río Jamapa, usados principalmente como aguas de riego, donde se vierten de forma indirecta una gran diversidad de plaguicidas (Iguilar Ibarra *et al.*, 2006).

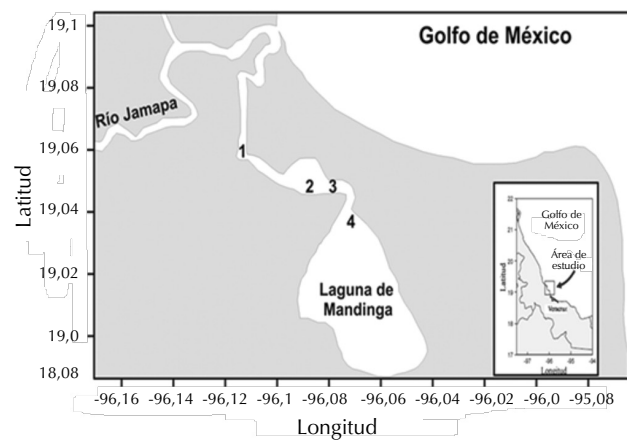


Fig. 1. Localización de la laguna de Mandinga (México) y los cuatro bancos productivos localizados con número (1: $19^{\circ}33,24''$ N y $96^{\circ}6'38,7''$ W; 2: $19^{\circ}53,16''$ N y $96^{\circ}5'48,48''$ W; 3: $19^{\circ}57,6''$ N y $96^{\circ}4'44,46''$ W; 4: $19^{\circ}22''$ N y $96^{\circ}4'17,46''$ W).

La colecta y el procesado de los ostiones se realizaron en cuatro bancos ostrícolas durante las temporadas de lluvia (septiembre), secas o estiaje (abril) y frentes fríos (noviembre), localmente conocidos como nortes (Fig. 1). En cada muestreo se colectaron 30 organismos con talla comercial (7 ± 3 cm). La colecta se realizó de la siguiente manera: Las apilllas con los ostiones se

enjuagaron con agua corriente para remover el exceso de lodo y partículas adheridas; posteriormente, con el uso de un desconchador se realizó la extracción del tejido muscular de ostión, así como la remoción del líquido intervalvar. Dichas muestras se deshidrataron en un liofilizador Thermo Savant ModulyOD-114 durante 72 h a $-49\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una presión de 36×10^{-3} mbar. Finalmente las muestras se molieron para posteriormente ser introducidas al cromatógrafo. El material empleado en el estudio se preparó siguiendo el protocolo de análisis de residuos de plaguicidas descrito por Wallace (2001). Todos los solventes y reactivos utilizados tenían grado analítico, para evitar cualquier contaminación cruzada de las muestras, la pureza del éter de petróleo utilizado para lavar la cristalería se evaluó periódicamente usando cromatografía de gases.

Las muestras se analizaron utilizando hexano con un rango de temperatura de ebullición de $40\text{-}50\text{ }^{\circ}\text{C}$ y sulfato de sodio en polvo previamente activado y purificado en un horno de aire forzado a una temperatura de $650\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 16 h. Como control de calidad se ajustaron las lecturas del cromatógrafo para plaguicidas organoclorados y sus isómeros; la concentración de estos en las muestras de ostión se realizó haciendo uso de la técnica de Murphy (1972), modificada por Waliszewki

et al. (2008). La extracción de los lípidos fue realizada por el método DDT-Green Chem modificado por Murphy (1972). La concentración de los plaguicidas organoclorados en el *C. virginica* se realizó con un cromatógrafo de gases marca Thermo Electron Modelo Trace GC Ultra 115 V (Thermo Fisher Scientific Inc) con detector de captura de electrones. La separación de los plaguicidas se efectuó en una columna cromatográfica de $30\text{ m} \times 0,32\text{ mm} \times 0,25\text{ }\mu\text{m}$ de 14 % cianopropilfenil polisiloxano, donde se empleó como gas de arrastre nitrógeno ultrapuro (Praxair-México) con un flujo de $2,5\text{ mL/min}$.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Se obtuvieron un total de 17 plaguicidas en las 450 muestras de ostión dentro de las cuatro estaciones de muestreo (Fig. 1). Con un mínimo de 30 muestras por cada estación en temporada de secas, lluvia y frentes fríos, se obtuvieron las siguientes concentraciones de Alfa BHC, $271,69 \pm 6,34$; $1\ 035,36 \pm 38,43$ y $786,66 \pm 24,51$ ng/g, respectivamente. A pesar de obtener un decremento importante de la temporada de lluvia a frentes fríos la diferencia no fue estadísticamente significativa ($p > 0,05$) (TABLA 1).

TABLA 1. Comparación de tres temporadas, con respecto a concentración de Alfa BHC (ng/g)

Parámetros	Secas	Lluvias	Frentes fríos
$\bar{x} \pm DE$	$271,69 \pm 6,34$	$1035,36 \pm 38,43$	$786,66 \pm 24,51$
Me	98,39	858,69	886,46
R (mín.-máx.)	919,41 (56-975,62)	1 911,71 (254,82-2 166,53)	1 256,00 (223,26-1 479,27)
Intervalo C95 %	-218,30-761,69	125,77-1 944,95	11,34-1 461,97
Rango promedio	4,20	10,40	9,40

En el ámbito internacional la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (FAO) entre otros países, establecen límites para el DDT y sus isómeros (TABLA 2), lindano, HCH y sus isómeros y para heptacloro. En este trabajo se encontraron otros plaguicidas organoclorados no considerados en la tabla 2 y que son de alto riesgo para la salud de los seres vivos, como el endosulfan II y los POC (Argemi *et al.*, 2005). El resultado de los análisis de concentración de plaguicidas en las muestras del *C. virginica* presentó valores superiores a los recomendados (TABLA 2). Se encontraron 17 plaguicidas organoclorados en la mayoría de las muestras analizadas ($N = 450$), lo que puede indicar

que la contaminación se generó durante las aplicaciones históricas y recientes de los POC en el sector agrícola y que llegan a la laguna debido a la lluvias y el viento. El plaguicida con menor incidencia en las estaciones de muestreo fue el DDT (0,22 %), este plaguicida solo se observó para un solo organismo de los 450 estudiados en la estación número cuatro durante secas, seguido por el Beta-BHC (2,22 %), el endosulfan II (2,66 %) y el DDD y lindano los cuales representaron cada uno el 3,11 % en la temporada de lluvia. El resto de los POC se encontraron en el 100 % de las muestras de las cuatro estaciones de muestreo. Los POC que se encontraron con mayor concentración en las tres temporadas

fueron: Alfa – BHC (720,53 ng/g), sulfato endosulfan (17,56 ng/g), heptacloro (5,66 ng/g) y lindano (8,13 ng/g) durante la temporada de lluvia. Mientras que los POC con menores concentraciones en Mandinga fueron endosulfan II (2,60 ng/g) durante la temporada de frentes

fríos; el DDD (2,47 ng/g) y los methoxicloro (2,37 ng/g) durante la temporada de lluvias. Las concentraciones de plaguicidas en el *C. virginica* fueron más altas durante la temporada de lluvias debido al lavado de la tierra en la zona agrícola durante esta temporada.

TABLA 2. Límites máximos permisibles para plaguicidas organoclorados (mg/kg)

Plaguicida/Norma país	Alemania	Italia	EE. UU.	FAO
DDT total (DDT, DDD, DDE)	-	0,1	5	2-5
Isómeros HCH ($\alpha + \beta + \gamma$)	0,5	0,1	-	0,2-0,5
Lindano	2	0,1	0,3	0,5
Heptacloro	-	-	-	0,01-0,3
Isómeros HCH ($\alpha + \beta + \gamma$)	0,5	0,1	-	0,2-0,5

El heptacloro sobrepasó los límites establecidos para alimentos según la FAO, que establece un rango límite de 0,01-0,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Los niveles de lindano detectados en este trabajo superaron a los establecidos por las organizaciones internacionales para alimentos (TABLA 2). De los isómeros HCH el de mayor concentración fue el isómero alfa, que sobrepasó ampliamente los límites establecidos internacionalmente para este plaguicida (TABLA 2). Por otro lado, el DDT solo estuvo presente en una estación de muestreo en estiaje, sin embargo, estuvieron presentes los isómeros DDD y DDE, y sus niveles sí cumplen con los establecidos por FAO.

Los estudios sobre los POC en México para el ostión son escasos, Osuna-López *et al.* (2014) reportaron para el *Cassostrea corteziensis* en el Pacífico mexicano concentraciones de Delta-HCH (2 910 ng/g), metoxicloro (1 430 ng/g), endosulfán II (900 ng/g) y eldrín (1 110 ng/g). Los valores encontrados en este trabajo para el *C. virginica* en la laguna de Mandinga (México), superan los valores aceptables para el consumo humano (TABLA 2).

CONCLUSIONES

1. El ostión *Crassostrea virginica* en la laguna de Mandinga (México) presenta evidencia de contaminación por 17 plaguicidas organoclorados. El sulfato endosulfán y el Alfa BHC fueron los plaguicidas que se registraron en mayor concentración, en niveles que representan un riesgo para la salud humana.

2. Durante la temporada de secas, se observó la existencia de DDT, mientras que en la temporada de lluvias y frentes fríos se observaron concentraciones de DDD y DDE, los cuales cumplen con valores aceptables, según lo establecido por la FAO.
3. La mayor concentración de los plaguicidas se encontró en la temporada de lluvias, debido a que las zonas agrícolas se inundan y los plaguicidas llegan de forma directa a la laguna de Mandinga.

REFERENCIAS

- Aguilar-Ibarra, A., Villanueva-Fragoso, S., Guzmán-Amaya, P. & Vázquez-Botello, A. (2006). La contaminación del agua como una externalidad para la producción pesquera y acuícola. *EN MÉXICO*, 107.
- Albert, A. L. (1996). Persistent pesticides in Mexico. *Reviews of Environmental Pollution, Contamination and Toxicology*, 147, 1-44.
- Argemi, F., Cianni, N. & Porta, A. (2005). Disrupción endocrina: perspectivas ambientales y salud pública. *Acta bioquímica clínica latinoamericana*, 39(3), 291-300.
- CICOPLAFEST (1998). Catálogo Oficial de Plaguicidas, 1998. Evaluación de Riesgos en Salud por la Exposición a Residuos Peligrosos, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) Atlanta, Georgia.
- FAO (2013). Documento Técnico de Pesca. Introducción a la Evaluación de Recursos Pesqueros

- Tropicales - Parte 2: Ejercicios. <http://www.fao.org/docrep/w5448s/w5448s00.htm#Contents>. Comentario: 25 de junio 2013.
- García, I. & Dorronsoro, C. (2010). *Contaminación del suelo*. Departamento de Edafología y Química Agrícola, Universidad de Granada. España, Unidad docente e investigadora de la Facultad de Ciencias.
- Murphy, P. G. (1972). Sulfuric acid for the cleanup of animal tissues for analysis of acid-stable chlorinated hydrocarbon residues. *Journal-Association of Official Analytical Chemists*, 55(6), 1360-1362.
- Niesink, J. M., Vries, J. & Hollinger, M. A. (1996). *Toxicology. Principles and Applications*. CRC Press, Boca Raton, New York.
- Ramírez, J. A. & Lacasaña, M. (2001). Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición. *Arch. Prev. Riesgos Labor*, 4(2), 67-75.
- Ritter, L., Solomon, K. R., Forget, J., Stemeroff, M. & O'Leary, C. (1995). Contaminantes orgánicos persistentes. Informe de evaluación sobre: DDT, aldrina, dieldrina, endrina, clordano, heptacloro, hexaclorobenceno, mirex, toxafeno, bifenilos policlorados, dioxinas y furanos. PCS/95.38, 51 pp.
- Waliszewski, S. M., Mójica García, X., Infanzón, R. M., Barradas Dermitz, D. M. & Carvajal Zarrabal, O. (2008). Uso del ácido sulfúrico en las determinaciones de plaguicidas organoclorados: I. Calidad químico-analítica de la precipitación de grasa por el ácido sulfúrico concentrado en muestras con alto contenido de lípidos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 24(1), 33-38.
- Wallace, R. K. (2001). Cultivating the Eastern oyster, *Crassostrea virginica*. *Southern Regional Aquaculture Center Publication*, 432, 4.
- Zilli, F. & Gagnetten, A. (2005). Efectos de la contaminación por metales pesados sobre la comunidad bentónica de la cuenca del arroyo cululú (río salado del norte, Argentina). *INCI*, 30,(3), 159-165.