

## **Descripción histológica de los órganos del ostión *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791) (Familia: Ostreidae) de Veracruz, México**

### **Histological description of oyster's organs of *Crassostrea virginica* (Gmelin 1791) (Family: Ostreidae) from Veracruz, Mexico**

**María del Pilar Torres-García<sup>1\*</sup>, Erika Samantha Palacios-Ávila<sup>1</sup>, Cecilia Esperanza Ramírez-Santiago<sup>2</sup> & Carlos Pérez<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Biología Comparada, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.  
Av. Universidad 3000. Circuito Exterior s/n. C.P. 04510, Ciudad de México. Tel: (55) 56224919.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Pesca. SAGARPA. Pitágoras 1320, Col. Santa Cruz Atoyac, C.P. 03310,  
Benito Juárez. Ciudad de México.

\*Autor corresponsal, e-mail: pilar.torres@ciencias.unam.mx

#### **Resumen**

El ostión americano *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791) es un molusco bivalvo de la familia Ostreidae de gran importancia comercial y nutricional. Se han realizado estudios enfocados a su biología, hábitat, ecología, reproducción, pesquería, parámetros poblacionales y toxicología, entre otros aspectos, sin embargo sobre su estructura histológica se conoce muy poco, a excepción de las gónadas que han sido estudiadas por el interés de saber sobre su ciclo reproductivo. El objetivo del trabajo se enfoca en contribuir al conocimiento sobre la organización tisular de los principales órganos del ostión. Se realizó la colecta en mayo de 2013 de 20 individuos, 10 machos y 10 hembras de manera aleatoria por método de buceo, en la zona norte de la laguna de Tamiahua, Veracruz. Fueron fijados con formol al 10%, se procesaron con la técnica histológica de inclusión en parafina, se obtuvieron cortes de 6 µm de grosor y se tiñeron con Hematoxilina-Eosina. Se tomaron microfotografías de los diferentes tejidos que conforman los principales órganos de la especie, siendo los más relevantes: branquias, corazón, ganglio cerebral, divertículo digestivo, gónada, manto, músculo aductor, nefridios, palpos labiales y unión gastrointestinal, incluyendo al intestino medio, para los cuales se llevó a cabo su descripción histológica. Es la primera vez que se integra un estudio sobre la microanatomía interna de *C. virginica* de Veracruz, México, indispensable para conformar su marco histológico.

**Palabras clave:** Microanatomía interna, bivalvo, histología, molusco, organización tisular.

#### **Abstract**

The american oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791), is a mollusk bivalve from the Ostreidae family and is of high importance for commercial and nutrition. Studies have been made focussing on its biology, habitat, ecology, reproduction, fishery, population parameters and toxicology among other aspects. Nevertheless we know very little about its histologic structure of the gonads which have been studied with the interest to know about its reproductive cycle. The objective of this work is focused in contributing to the knowledge about the tissue organization of the main oyster's organs. In May 2013, 20 specimens were randomly collected, 10 males and 10 females using the diving method in the north of the Tamiahua's lagoon, Veracruz. They were fixed with formaldehyde at 10% concentration and processed with paraffin inclusion histological technique. Obtaining 6 µm thick slices, stained with Hematoxylin-Eosin. Microphotography were taken from the different tissues that conform the main oyster's organs. Being the most relevant: gills, heart, cerebral ganglion, digestive diverticula, female and male gonad, mantle, adductor muscle, labial

palps, nephridia and gastrointestinal union including the midgut, of which its histological description was made. It is the first time a study like this has been made about the internal microanatomy of *C. virginica* from Veracruz, Mexico, essential to conform its histological framework.

**Key words:** Internal microanatomy, bivalve, histology, mollusk, tissue organization.

## Introducción

El ostión americano *Crassostrea virginica* es miembro de la familia Ostreidae Rafinesque, 1815 de gran importancia comercial. Se distribuye desde el Golfo de San Lorenzo en Canadá hasta la península de Yucatán en el Golfo de México (Buroker, 1983). Habitan en estuarios y ambientes marinos costeros; su tamaño varía de 4-40 mm en juveniles y de 41-120 mm en adultos de las poblaciones de la Laguna de Tamiahua y Tampamachoco, Veracruz, México (Vidal-Briseño *et al.*, 2015). Las especies de la familia Ostreidae han sido utilizadas para investigaciones paleontológicas, como bioindicadores, en estudios de zonación en geología y como fuente de alimento por su alto valor nutritivo (Cifuentes-Lemus *et al.*, 1999).

La relevancia del ostión como fuente alimenticia se basa principalmente en su alta fecundidad, ya que puede llegar a producir hasta 60 millones de huevos, lo que le otorga un enorme potencial para su explotación industrial (Chávez-Villalba, 2014). Su contenido en proteína representa el 50% de la materia seca, estas proteínas son altamente digeribles. Además, el ostión tiene 28% de la materia seca en carbohidratos y un 11% en lípidos (Andrews, 1948). Su importante contenido en vitaminas (A, riboflavina, tiamina, niacina) y minerales (hierro, yodo, magnesio, fósforo, cobre, calcio) lo convierte en alimento equilibrado para incorporarlo a los hábitos alimenticios de los humanos (Téllez *et al.*, 1999).

La explotación de ostión en México se realiza desde la década del 50, con el tiempo se ha convertido en una de las actividades pesqueras de mayor importancia en el país (Contreras, 1993). En el Golfo de México el ostión es un recurso costero valioso desde el punto de vista ecológico ya que los bancos que forma constituyen un sistema de organismos donde interactúan entre sí y con otras especies, incluyendo ambientes estuarinos (Dame & Patten, 1981). Son sistemas heterótrofos y detritívoros donde se encuentran componentes como filtradores, detritus, microbiota, meiofauna y

organismos consumidores, que utilizan la energía de la marea para traer alimento y llevar material de desecho (Newell & Jordan, 1983), además los ostiones procesan grandes cantidades de carbono, nitrógeno y fósforo que retienen estos elementos en los estuarios (Dame *et al.*, 1989) (Fig. 1).

Actualmente de *C. virginica* se tienen estudios de biología, hábitat, ecología, reproducción (Ascencio *et al.*, 2014, 2016), pesquería, parámetros poblacionales, toxicología (Guzmán-García *et al.*, 2007) y parasitología, (Cáceres-Martínez & Vásquez-Yeomans, 2013) entre otros aspectos. Sin embargo, su histología básica es poco conocida, a excepción de las gónadas que han sido estudiadas para entender su ciclo reproductivo por el interés comercial que presenta la especie (George-Zamora *et al.*, 2003). El presente trabajo tiene por objetivo conocer la citología e histología de los principales órganos del ostión *C. virginica* del estado de Veracruz y poder colaborar con su marco histológico.



**Figura 1.** Ostión americano *C. virginica* (Gmelin, 1791).

**Figure 1.** American oyster *C. virginica* (Gmelin, 1791).

## Materiales y métodos

En mayo de 2013 se colectaron 20 individuos, 10 machos y 10 hembras (Fig. 2), de manera aleatoria por método de buceo y empleando el arte de pesca gafas en los bancos Romerillo y Burros, ubicados en la zona norte de la laguna de Tamiahua, que se sitúa en la porción occidental del Golfo de México en el estado de Veracruz, entre las coordenadas 97°23' y 97° 46' W y las 21°06' y 22°05' N. Las medidas de los individuos recolectados variaron entre 30 y 60 mm, a los que se les quitaron las conchas y se fijaron con formol al 10%, mezclado con el agua de la laguna.



**Figura 2.** Pesca con gafas y recolecta de ostiones para el estudio.

**Figure 2.** Fishing tackle of “gafas”, and gather the study oysters.

Las muestras se transportaron al Laboratorio de Invertebrados de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en donde se procedió con la técnica histológica de deshidratación en alcoholes graduales, inclusión en parafina, obtención de cortes de 6  $\mu$ m en un micrótomos de rotación y tinción basada en Hematoxilina-Eosina.

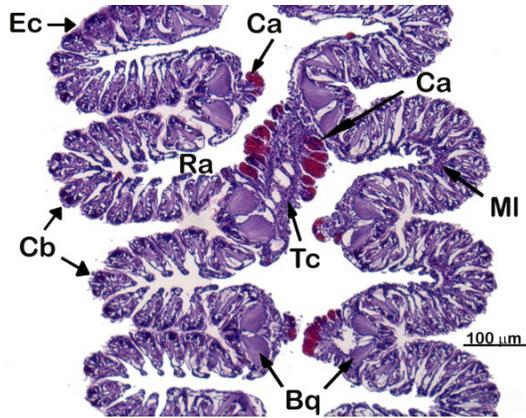
Las secciones histológicas se montaron con resina sintética para su posterior observación al microscopio y toma de microfotografías en un fotomicroscopio (Olympus Provis con cámara digital Evolution MP de 6 megapíxeles) en campo claro.

## Resultados

Los órganos que se identificaron y que conforman parte de la anatomía interna de *C. virginica* fueron: branquias, corazón, ganglio cerebral, divertículo digestivo, gónada femenina y masculina, manto, músculo aductor, nefridios, palpos labiales y unión gastrointestinal, incluyendo al intestino medio, de los que se describieron su citoarquitectura.

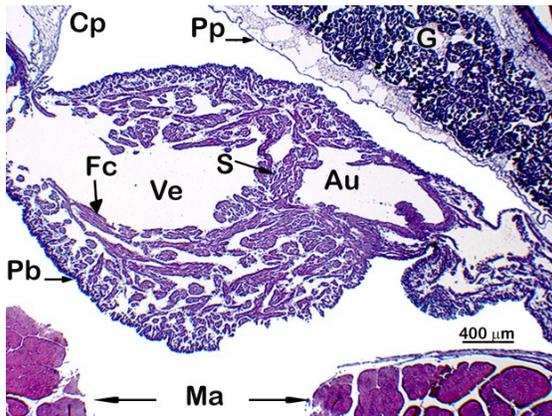
Las **branquias** o ctenidios se extienden desde la boca hasta la proximidad del ano, filtran el agua, se encargan del intercambio gaseoso por medio de vasos lamelares y clasifican las partículas alimentarias. Estos bivalvos poseen un par de branquias con dos hileras de filamentos aplanados cada una. El filamento está compuesto por pliegues o plicas formadas de lamelas branquiales con epitelio cúbico simple ciliado y células glandulares acidófilas y basófilas. Las lamelas están soportadas por un raquis de tejido conectivo con músculo liso en cuya base se encuentran dos barras quitinosas para mayor sostén. Las lamelas están conectadas por una unión interlamelar de tejido conectivo (Fig. 3).

El **corazón** está localizado entre el músculo aductor y la gónada. Presenta un ventrículo y dos aurículas con tejido miocárdico, divididos por un septo de fibras musculares y tejido conectivo, rodeado por el pericardio visceral de epitelio cilíndrico con células mucosas y eosinófilas y una membrana basal de tejido conectivo muy desarrollada. Se encuentra dentro de la cavidad pericárdica delimitada por el pericardio parietal que muestra células planas (Fig. 4).



**Figura 3.** Lamelas del filamento branquial con epitelio cúbico ciliado (Ec) y células basófilas (Cb) y acidófilas (Ca). Raquis (Ra) con músculo liso (MI) y tejido conectivo (Tc) con barras quitinosas (Bq) en su base. H-E. 100 μm.

**Figure 3.** Lamellae of the branchial filament with ciliated cubic epithelium (Ec) and basophilic (Cb) and acidophilic (Ca) cells. Rachis (Ra) presents smooth muscle (MI) and connective tissue (Tc) with chitinous bars (Bq) at its base. H-E. 100 μm.

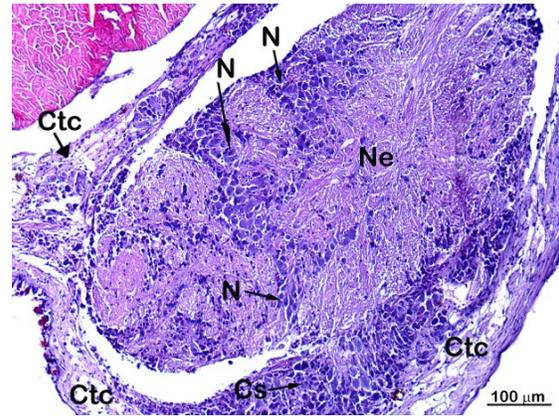


**Figura 4.** Corazón situado entre el músculo aductor (Ma) y la gónada (G) dentro de la cavidad pericárdica (Cp). Presenta un ventrículo (Ve) y dos aurículas (Au) formado por fibras musculares cardíacas (Fc) revestidas por epitelio cilíndrico del pericardio visceral (Pv). H-E. 400 μm.

**Figure 4.** Heart located between the adductor muscle (Ma) and gonad (G) within the pericardial cavity (Pc). It presents a ventricle (Ve) and two auricles (Au) formed by cardiac muscle fibers (Cf) and coated by the cylindrical epithelium of the visceral pericardium (Vp). H-E. 400 μm.

El **ganglio cerebral** se distingue por presentar una forma casi esférica donde se diferencian claramente dos regiones: la cortical,

estructurada por agrupaciones de neuronas que realizan diferentes funciones motoras y sensitivas, además de numerosas células satélites, con soma reducido y prolongaciones de diversas longitudes que darán sostén y ayuda a la nutrición de las neuronas y; la región medular integrada por el neurópilo, donde se concentran las prolongaciones dendritas y axones de las neuronas y de las células satélites. Estas dos regiones están rodeadas por una cápsula de tejido conectivo (Fig. 5).

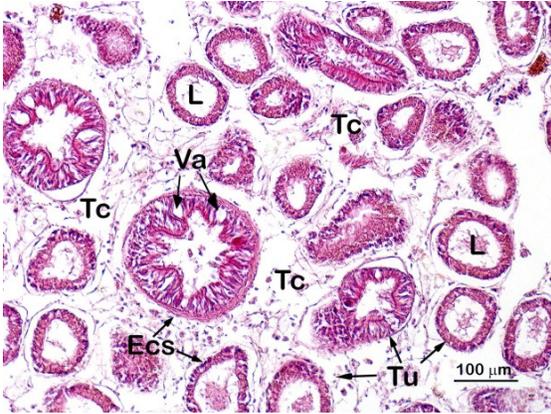


**Figura 5.** Ganglio cerebral, destacan las regiones cortical con agrupaciones de neuronas (N) y células satélites (Cs); y región medular formada por el neurópilo (Ne). Se aprecia una cápsula de tejido conectivo (Ctc). H-E. 100 μm.

**Figure 5.** Cerebral ganglion, where the cortical regions with groups of neurons (N) and satellite cells (Cs), and medullary region which are formed by the neuropil (Ne), stand out. A connective tissue capsule (Ctc) can be observed. H-E. 100 μm.

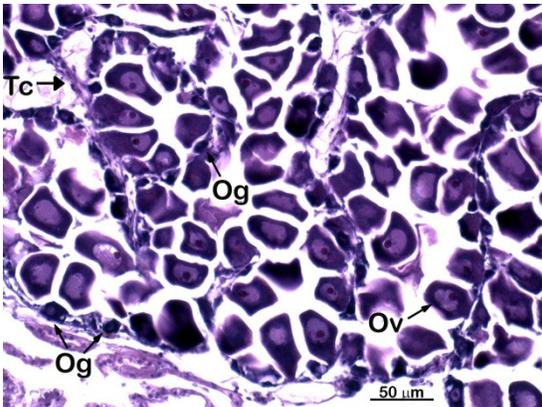
El **divertículo digestivo** se encuentra por encima del estómago, es el órgano que realiza la digestión intracelular, formado por numerosos túbulos con acinos glandulares que desembocan en tubos más grandes dirigidos hacia el estómago. Hacia la luz presenta un epitelio secretor cúbico simple con vacuolas, rodeado de tejido conectivo (Fig. 6).

La **gónada femenina** u ovario está integrada por varios folículos ovígeros limitados por tejido conectivo. Dentro de cada folículo se observa el fenómeno de la ovogénesis, apreciando a los ovocitos en diferentes etapas de su desarrollo, donde destacan las ovogonias adheridas en la pared del folículo y los ovocitos maduros que presentan forma alargada con un gran núcleo (Fig. 7).



**Figura 6.** Divertículo digestivo formado por túbulos (Tu) con epitelio cúbico simple (Ecs) y vacuolas (Va), rodeados por tejido conectivo (Tc). H-E. 100 µm.

**Figure 6.** Digestive diverticula tubules (Tu) surrounded by connective tissue (Tc) and formed by simple cubic epithelium (Ecs) and vacuoles (Va). H-E. 100 µm.

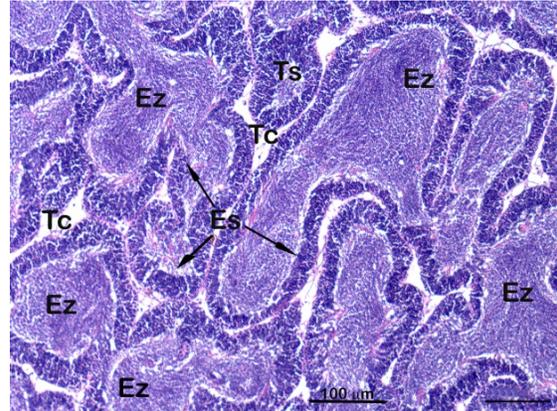


**Figura 7.** Folículos ovígeros del ovario rodeados por tejido conectivo (Tc). Se observan ovogonias (Og) y ovocitos (Ov) en desarrollo. H-E. 50 µm.

**Figure 7.** Ovary's ovigerous follicles enveloped by connective tissue (Tc). Ovogonias (Og) and oocytes (Ov) in development can be observed. H-E. 50 µm.

La **gónada masculina** o testículo, formada por una serie de túbulos seminíferos, que presentan en su interior un epitelio germinativo que muestran el proceso de la espermatogénesis, cuyas células se hallan en diferentes estadios de desarrollo. Se distinguen hacia la periferia y fijadas a la pared del túbulo a las espermatogonias, células de mayor tamaño con núcleo evidente. Los espermatoцитos y

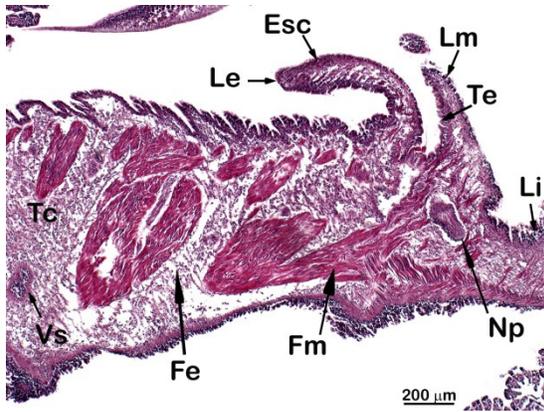
espermátidas son células más pequeñas localizadas en el interior del epitelio, hasta encontrar a los espermatozoides próximos al lumen de los túbulos. Cada túbulo está delimitado por fibras de tejido conectivo (Fig. 8).



**Figura 8.** Túbulos seminíferos (Ts) de la gónada masculina rodeados por tejido conectivo (Tc). Las espermatogonias (Es) se localizan en la periferia del túbulo, hacia la luz gran cantidad de espermatozoides (Ez). H-E 100 µm.

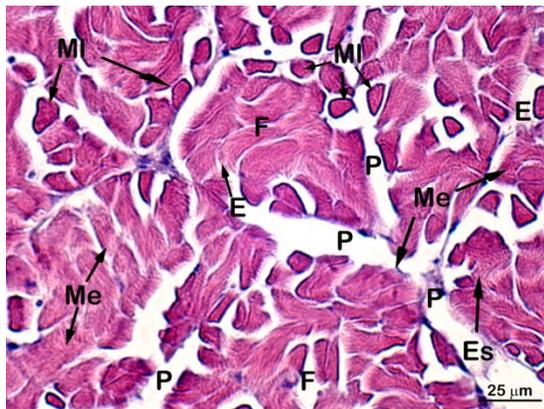
**Figure 8.** Seminiferous tubules (Ts) of the male gonad surrounded by connective tissue (Tc). Spermatogonia (Es) are located in the tubule periphery, and close to the lumen, a large amount of sperm is observed (Ez). H-E. 100 µm.

El **manto o palio**, es una estructura plana, compuesta por tejido conectivo con vasos sanguíneos, fibras reticulares, colágena y elásticas, células musculares lisas, rodeando los nervios circumpaliales. Todo el manto está cubierto por un epitelio que va del cilíndrico al cúbico simple con cilios en determinadas zonas, con células caliciformes que secretan moco. Presenta tres lóbulos con tejido muscular liso que le ayuda al movimiento de este órgano. El lóbulo externo forma la concha y carece de tentáculos, el lóbulo medio e interno presentan tentáculos sensibles y contráctiles, formados por tejido conectivo con vasos sanguíneos, fibras musculares y elásticas. El manto se adhiere a las valvas y es el responsable de la secreción de la concha y del ligamento que las mantiene unidas, tiene funciones sensoriales y mecánicas, protege todos los órganos internos del medio exterior y ayuda a la dispersión de los huevos en el desove (Fig. 9).



**Figura 9.** Los tres lóbulos del manto, lóbulo exterior (Le), con epitelio simple cúbico (Esc) y tejido conectivo (Tc) con vasos sanguíneos (Vs). Lóbulo medio (Lm) y lóbulo interno (Li) con tentáculos (Te), fibras elásticas (Fe) y fibras musculares (Fm) rodeando al nervio paleal (Np). H-E. 200 µm.

**Figure 9.** The three lobes of the mantle, outer lobe (Le) with simple cubic epithelium (Esc) and connective tissue (Tc) with blood vessels (Vs). Middle lobe (Lm) and internal lobe (Li) with tentacles (Te), elastic fibers (Fe) and muscle fibers (Fm) enclosing the pallial nerve (Np). H-E 200 µm.

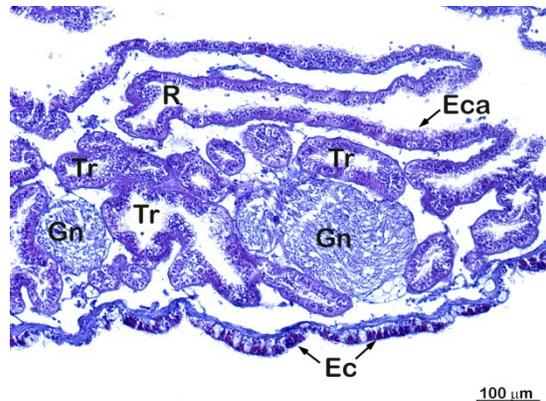


**Figura 10.** Músculo aductor con fascículos (F) delimitados por el perimysio (P) de tejido conectivo, que penetra y envuelve a cada fibra por medio del endomysio (E). Dentro del perimysio se observan fibras musculares lisas (MI) y fibras musculares estriadas (Me) con estrías evidentes (Es). H-E. 25µm.

**Figure 10.** Adductor muscle with fascicles (F) delimited by a perimysium (P) of connective tissue, which in turn penetrates and envelops each fiber by means of the endomysium (E). Within the perimysium smooth muscle fibers (MI) are observed and striated muscle fibers (Me) with evident striae (Es). H-E 25 µm.

El **músculo aductor** está constituido por dos tipos de fibras celulares o miocitos, una traslúcida estriada, responsable de los movimientos de cierre rápido donde se aprecian las estriaciones debido a la alternancia de las miofibrillas de actina y miosina, y otra de coloración blanca opaca, en estado natural, formada por miocitos lisos, células con núcleos alargados, que permiten que las valvas permanezcan cerradas por largos periodos. Los músculos aductores están rodeados por fibras de tejido conectivo o epimysio que penetra al músculo separándolo en fascículos, conocido como perimysio, que se subdivide y rodea a cada fibra muscular formando el endomysio, dándole mayor fuerza al músculo aductor, además presenta vasos sanguíneos y fibras nerviosas que no se observan en el corte histológico (Fig. 10).

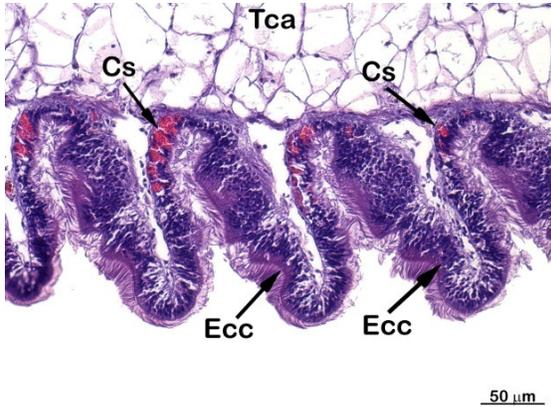
Los **nefridios**, constituyen parte del sistema excretor, están formados por una estructura tubular que se anastomosa y crean un tejido esponjoso. Los tubos que integran la parte anterior presentan un epitelio cilíndrico bajo con vacuolas; en la parte media se sitúa el conducto internefridial, que posee un epitelio cúbico con escasas vacuolas y, en la parte posterior y en el reservorio se observa un epitelio cilíndrico alto con gran cantidad de vacuolas. El nefridio mantiene una conexión cerebro-visceral por medio de ganglios nerviosos (Fig. 11).



**Figura 11.** Nefridio con túbulos renales (Tr) formados de epitelio cilíndrico (Ec), el reservorio (R) con epitelio cilíndrico alto (Eca) y ganglios nerviosos (Gn). H-E. 100 µm.

**Figure 11.** Nephridium with renal tubules (Tr) formed of cylindrical epithelium (Ec), the reservoir (R) with high cylindrical epithelium (Eca) and nerve ganglia (Gn). H-E 100 µm.

Los **palpos labiales** son laminillas dobles que se encuentran a los lados de la boca, que seleccionan el material por tamaños que proviene de las branquias. Cada palpo está constituido por tejido conectivo areolar revestido en su lado interno por una superficie plegada con células secretoras en su base y recubierto de epitelio cúbico con cilios, que ayuda al transporte del alimento seleccionado de las branquias a la boca y, por el lado externo presenta epitelio cúbico simple (Fig. 12).



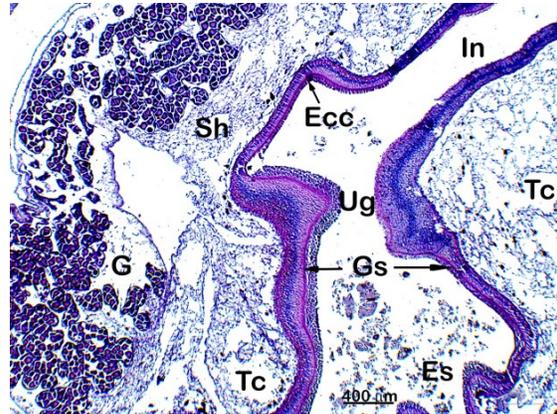
**Figura 12.** Palpos labiales con soporte de tejido conectivo areolar (Tca) delimitado por epitelio cúbico ciliado (Ecc) con células secretoras (Cs). H-E. 50 μm.

**Figure 12.** Labial palps with support of the areolar connective tissue (Tca) delimited by ciliated cubic epithelium (Ecc) with secretory cells (Cs). H-E. 50 μm.

La **unión gastrointestinal** es la comunicación que establece el estómago con el intestino, en la zona cercana a la gónada. El estómago, es un saco irregular con un epitelio cilíndrico y grandes cilios, rodeado de una membrana basal de fibras colágenas y tejido conectivo. Esta unión, conocida como tiflosol, se caracteriza por estar revestida de un grueso epitelio cilíndrico ciliado, con glándulas secretoras. El intestino continúa con una capa delgada de epitelio cilíndrico con cilios y pequeñas células mucosas en sus paredes internas, rodeado por tejido conectivo con senos hemolinfáticos y carente de fibras musculares. (Fig. 13).

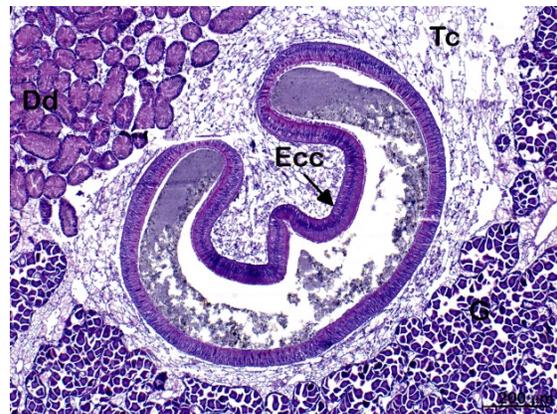
El **intestino medio** se localiza entre el estómago y el recto. En el corte transversal se caracteriza por presentar en su inicio dos pliegues o tiflosol en forma de hendidura, hacia el interior del lumen, recubierto por un epitelio cilíndrico ciliado con gran cantidad de células mucosas que permite aumentar la superficie de absorción. No presenta

capa muscular. Los alimentos se desplazan con la ayuda de los cilios del epitelio que recubre al intestino, terminando a un costado del músculo aductor (Fig. 14).



**Figura 13.** Unión gastrointestinal (Ug) con epitelio cilíndrico ciliado grueso (Ecc) y glándulas secretoras (Gs). Estómago (Es) e intestino (In) con epitelio cilíndrico con cilios (Ecc), rodeado de tejido conectivo (Tc) con senos hemolinfáticos (Sh) cerca de la gónada (G). H-E. 400 μm.

**Figure 13.** Gastrointestinal union (Ug) with thick ciliated cylindrical epithelium (Ecc) and secretory glands (Gs). Stomach (S) and intestine (In) with cylindrical epithelium with cilia (Ecc), surrounded by connective tissue (Tc) with hemolymphatic sinuses (Sh) near the gonad (G). H-E 400 μm.



**Figura 14.** Pliegue o tiflosol del intestino medio rodeado por tejido conectivo (Tc) entre el divertículo digestivo (Dd) y la gónada (G). Está formado por epitelio cilíndrico ciliado (Ecc). H-E. 200 μm.

**Figure 14.** Midgut fold or typhlosole, enveloped by connective tissue (Tc) between the digestive diverticula (Dd) and the gonad (G). It is formed by ciliated cylindrical epithelium (Ecc). H-E. 200 μm.

## Discusión

Los estudios que se han realizado sobre el género *Crassostrea* y sus diferentes especies han sido enfocados bajo variados temas, debido a que es un organismo de interés comercial. Por lo anterior, los aspectos toxicológicos adquieren importancia especial, como los estudios hechos por Guzmán *et al.* (2007) y Gold-Bouchot *et al.* (1995) sobre las alteraciones de exposición con cadmio y metales pesados, respectivamente. Otros estudios se han dirigido a la parasitología, por los daños sobre enfermedades y pérdidas que ocasionan a la producción pesquera (Cáceres-Martínez & Vásquez-Yeomans, 2013).

Las investigaciones hechas por George-Zamora *et al.* (2003), que describen el ciclo gonádico del ostión americano *C. virginica* en Mecoacán, Tabasco, tienen gran importancia debido a que es una de las zonas ostrícolas de mayor trascendencia en México (Tepetlan & Aranda, 2008).

Con base en lo anterior, los estudios se han enfocado a algunos órganos que se han visto afectados según los objetivos de las investigaciones, como la presencia del tóxico o patógenos en la mayoría de los casos, sin describir la citoarquitectura normal de los tejidos que conforman al órgano determinado.

Por esta razón, es la primera vez que se describen histológicamente a los principales órganos que conforman al ostión americano *Crassostrea virginica* de la Laguna de Tamiahua en Veracruz, México.

## Agradecimientos

Se agradece a los revisores del trabajo por las sugerencias realizadas al manuscrito.

## Referencias bibliográficas

- Andrews, A. C. 1948. Oysters as a food in Greece and Rome. *The Classical Journal* 43(5): 299-303.
- Ascencio, L. A., M. Enriquez, I. Martínez & D. Aldana. 2014. Variación del ciclo gonádico del ostión americano, *Crassostrea virginica* (Ostreoida: Ostreidae) en función de su talla en la laguna de Tamiahua, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical* 62(3): 201-206.
- Ascencio, L. A., M. Enriquez, I. Martínez & D. Aldana. 2016. Effect of temperature and salinity on the reproductive cycle of males and females of *Crassostrea virginica* (Bivalvia: Ostreidae). *Revista de Biología Tropical* 64(2): 449-459.
- Buroker, N. E. 1983. Population genetics of the American oyster *Crassostrea virginica* along the Atlantic coast and the Gulf of Mexico. *Marine Biology* 75(1): 99-112.
- Cáceres-Martínez J. & R. Vásquez-Yeomans. 2013. Enfermedades, parásitos y episodios de mortalidad de ostiones de importancia comercial en México y sus implicaciones para la producción. *Ciencia Pesquera*. Número especial 21:3-46.
- Chávez-Villalba, J. 2014. Cultivo de ostión *Crassostrea gigas*: análisis de 40 años de actividades en México. *Hidrobiológica* 24 (3): 175-190.
- Cifuentes-Lemus, J., P. Torres-García & M. Frías. 1999. *El Océano y sus Recursos. Las Pesquerías*. Editorial Fondo de Cultura Económica México. 228 pp.
- Contreras, E.F. 1993. *Ecosistemas costeros mexicanos*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. México, D.F. 415 pp.
- Dame, R. F. & B. Patten. 1981. Analysis of energy flows in an intertidal oyster reef. *Marine Ecology Progress Series* 5(2): 115-124.
- Dame, R. F., J. Spurrier & T. Wolaver. 1989. Carbon, nitrogen and phosphorus processing by an oyster reef. *Marine Ecology Progress Series* 54: 249–256.
- George-Zamora, A., M. Sevilla, & D. Aldana. 2003. Ciclo gonádico del ostión americano *Crassostrea virginica* (Lamellibranchia: Ostreidae) en Mecoacán, Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical* 51(4): 109-117.
- Gold-Bouchot, G., R. Sima, O. Zapata & J. Güemez. 1995. Histopathological effects of petroleum hydrocarbons and heavy metals on the American oyster (*Crassostrea virginica*) from Tabasco, Mexico. *Marine Pollution Bulletin* 31(4-12): 439-445.
- Guzmán-García, X., A. Martínez, L. Rodríguez, H. González & A. Vázquez. 2007. Cambios tisulares en el ostión *Crassostrea*

- virginica* por exposición y depuración al cadmio. *Hidrobiológica* 17: 41-48.
- Newell, R. & S. Jordan. 1983. Preferential ingestion of organic material by the american oyster *Crassostrea virginica*. *Marine Ecology Progress Series* 13(1): 47-53.
- Téllez, S. J., M. Oliva, J. de León & M. Vázquez, 1999. Evaluación de la calidad microbiológica del ostión de “La laguna Madre” de Tamaulipas (México). *CyTA-Journal of Food* 2(3): 152-157.
- Tepetlan, P. & D. Aranda. 2008. Macrofauna bentónica asociada a bancos ostrícolas en las lagunas costeras Carmen, Machona y Mecoacán, Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical* 56 (1): 127-139.
- Vidal-Briseño, C.I., R.I., Hernández-Herrera, G. Galindo-Cortés & S. Martín-del Angel. 2015. Estructura poblacional de la captura del ostión *Crassostrea virginica* en las Lagunas de Tamiahua y Tampamachoco, Veracruz, México. *Hidrobiológica* 25(2): 265-273.

Recibido: 5 de diciembre de 2017.

Aceptado: 24 de septiembre de 2018