



INSTITUTO TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Estructura poblacional del ostión americano
***Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791) (Mollusca:**
Bivalvia: Ostreidae) en Tamaulipas, México

Tesis

Que para obtener el grado de

DOCTOR EN CIENCIAS EN BIOLOGÍA

Presenta:

ULISES DE JESÚS BALDERAS MANCILLA

G-19380014

Director

DR. JORGE HOMERO RODRÍGUEZ CASTRO

Codirector

DR. AUSENCIO AZUARA DOMÍNGUEZ

Cd. Victoria, Tamaulipas

noviembre 2023



Como miembros del Comité Tutorial certificamos que la tesis desarrollada por el **C. Ulises de Jesús Balderas Mancilla**, con el título:

Estructura poblacional del ostión americano *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Bivalvia: Ostreidae) en Tamaulipas, México

Se presenta como uno de los requisitos para obtener el Grado de Doctor en Ciencias en Biología y cumple con los criterios expresados en los Lineamientos para la Operación de Estudios de Posgrado del Tecnológico Nacional de México.

Presidente: **C. Jorge Homero Rodríguez Castro**
Director de Tesis

Secretario: **C. Ausencio Azuara Domínguez**
Co-Director

Tutor 1: **C. Jorge Víctor Horta Vega**

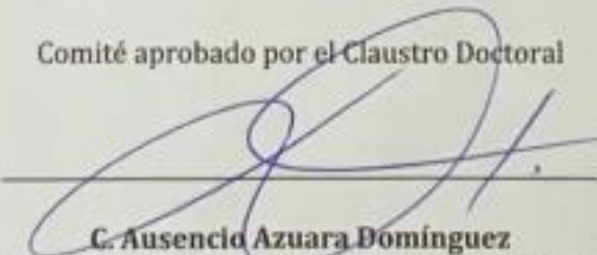
Tutora 2: **C. Luis Antonio Vázquez Ochoa**

Tutor 3: **C. Edgar Pérez Arriaga**

Tutor suplente 4: **C. Othón Javier González Gaona**



Comité aprobado por el Claustro Doctoral


C. Ausencio Azuara Domínguez

Jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación



INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE CD. VICTORIA
DEPARTAMENTO DE
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Noviembre 2023

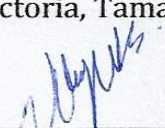
ccp - Archivo DEPI ITC Victoria



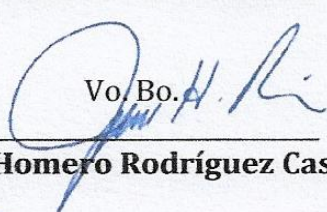
CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, el que suscribe, **C. ULISES DE JESÚS BALDERAS MANCILLA** como estudiante del Doctorado en Ciencias en Biología de esta Institución, con No. de Control G-19380014, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas o académicas, de procedencia nacional o internacional, que deriven del trabajo de investigación que realicé bajo la dirección del Profesor **C. Jorge Homero Rodríguez Castro**. Por tal motivo, **OTORGO LOS DERECHOS DE AUTORÍA DE MI TESIS “Estructura poblacional del ostión americano *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Bivalvia: Ostreidae) en Tamaulipas, México” y de LOS PRODUCTOS DE DICHA INVESTIGACIÓN** al Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria. Las patentes y secretos industriales que deriven de la tesis serán registrados a nombre del Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria y las regalías económicas distribuidas equitativamente entre esta Institución, el Director de la Tesis y quien suscribe, de acuerdo con las negociaciones entre las tres partes. También, **ME COMPROMETO A NO REALIZAR NINGUNA ACCIÓN** que dañe el proceso de aprovechamiento comercial de dichos productos a favor de ésta misma Institución.

Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, a 15 de noviembre de 2023.



C. Ulises de Jesús Balderas Mancilla



Vo. Bo. _____
C. Jorge Homero Rodríguez Castro



CERTIFICADO

C. Ulises de Jesús Balderas Mancilla
Estudiante del Doctorado en Ciencias en Biología
Presente

Resulta grato informar a Usted, que después de haber realizado un contraste entre los trabajos publicados y su tesis desarrollada en este instituto: **"ESTRUCTURA POBLACIONAL DEL OSTIÓN AMERICANO *Crassostrea virginica* (GMELIN, 1791) (MOLLUSCA: BIVALVIA:OSTREIDAE) EN TAMAULIPAS, MÉXICO"**, se encontró que el contenido de su trabajo presenta una similitud del 6.0 % con respecto a otros textos, producto del análisis desarrollado en el portal <https://tecnm.turnitin.com/>. El límite máximo acordado por el Consejo de Posgrado es del 25%.

Por tal motivo, se le extiende el presente **CERTIFICADO DE NO PLAGIO** en Ciudad Victoria, Tamaulipas, a los quince días del mes de noviembre de dos mil veintitrés.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica
"Verdad, Honestidad y Servicio"



C. Ausencio Azuara Domínguez
Jefe de la División de Estudios de
Posgrado e Investigación



C. Crystian Sadiel Venegas Barrera
Coordinador Doctorado en Ciencias
en Biología



INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE CD. VICTORIA
DEPARTAMENTO DE
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN



AGRADECIMIENTOS

Al Tecnológico Nacional de México, *campus* Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, y al programa de Doctorado en Ciencias en Biología, por brindarme la oportunidad de continuar mi formación académica.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo recibido como becario Número 631216, durante los años 2019-2023.

A mi director y codirector de tesis al Dr. Jorge Homero Rodríguez Castro y la Dr. Ausencio Azuara Domínguez y mi comité de tesis, al Dr. Edgar Pérez Arriaga, el Dr. Luis Antonio Vázquez Ochoa y el Dr. Jorge Víctor Horta Vega; gracias por su apoyo, consejos y enseñanza que atribuyeron a mi formación como futuro Doctor en Ciencias en Biología

DEDICATORIAS.

A mí Padre José Cruz Balderas Saldaña

A mí madre Gloria Mancilla Santos

A mis hermanos Edder Alberto Balderas Mancilla y Luis Ángel Balderas Mancilla

A mis amigos

En especial a María de los Ángeles Medrano Walt por apoyarme en todo momento

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	3
2.1 Distribución	3
2.2 Morfología externa e interna	3
2.3 Crecimiento y alimentación.....	4
2.4 Ciclo reproductivo	6
2.5 Preferencia de hábitat	8
2.6 Importancia ecológica	9
2.7 Factores ambientales	10
2.8 <i>Crassostrea virginica</i> como bioindicador ambiental	12
2.9 Sobreexplotación y disminución de las poblaciones de ostiones.....	13
2.10 Estado actual del ostión en México y Tamaulipas	14
3. HIPÓTESIS	16
4. OBJETIVOS	16
4.1 Objetivo general	16
4.2 Objetivos específicos	16
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
5.1 Área de estudio.	17
5.3 Determinación de las tallas.	18
5.4 Clasificación de los ostiones, según la etapa reproductiva.	18
5.5 Análisis de datos.....	18
5.5.1 Distribución de frecuencias de tallas.....	18
5.5.2 Relación peso-longitud.....	19
5.5.3 Abundancia parcial y total.....	19
5.5.4 Densidad y Biomasa parcial y total.....	19
5.5.5 Comparación de medidas biométricas promedio y de la proporción de individuos por etapa reproductiva.	19

6. RESULTADOS.....	20
6.1 Estructura poblacional por talla y por etapa reproductiva.	20
6.2 Tipo de crecimiento.....	22
6.3 Diferencias entre bancos.....	24
6.3.1 Diferencias en tallas y pesos.....	24
6.3.2 Diferencias en las frecuencias de las etapas de reproducción	25
6.3.3 Abundancia absoluta.....	28
6.3.4 Biomasa absoluta por etapa reproductiva y total.	29
7. DISCUSIÓN.....	31
8. CONCLUSIÓN	34
9. REFERENCIAS.....	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores medios mensuales de longitud (mm), abundancia media (número de ostras/m ² y kg/m ²) y media total $\pm$ error estándar de la población de <i>C. virginica</i> por banco.....	28
Tabla 2. Biomasa (t) anual estimada de <i>C. virginica</i> en el Río Tigre, desembocadura y laguna de San Andrés.....	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. a) Morfología externa, b) interna de <i>Crassostrea virginica</i> (Galtsoff 1964).....	4
Figura 2. Morfología interna y proceso de alimentación de <i>Crassostrea virginica</i> (Galtsoff 1964 modificado).....	6
Figura 3. Ciclo reproductivo del ostión americano <i>Crassostrea virginica</i> (Wallace, 2022).....	8
Figura 4. Importancia y función ecológica de <i>Crassostrea virginica</i> en los ecosistemas costeros.....	10
Figura 5. Ubicación geográfica de los bancos ostrícolas en el Río Tigre y en la laguna de San Andrés en el municipio de Aldama, Tamaulipas.	17
Figura 6. Distribución de tallas de <i>C. virginica</i> a) Río Tigre, b) desembocadura y c) laguna de San Andrés, Aldama, Tamaulipas, México en el periodo enero-octubre 2022.....	21
Figura 7. Relación entre las variables longitud-peso de <i>C. virginica</i> a) Río Tigre, b) desembocadura y c) laguna de San Andrés.....	23
Figura 8. Análisis de varianza de los parámetros poblaciones (largo, ancho y peso) de <i>C. virginica</i> . T1= Banco 1, T2= Banco 2 y T3= Banco 3.....	25
Figura 9. Análisis de varianza de los parámetros poblaciones (recluta, joven-preadulto, adulto, adultos con más de una reproducción) de <i>C. virginica</i> . T1=Banco 1, T2= Banco 2 y T3= Banco 3.....	27

RESUMEN

En Tamaulipas el ostión americano es una de las especies de mayor importancia comercial. El objetivo de este trabajo fue determinar la estructura poblacional de *Crassostrea virginica* en el Río Tigre y en la Laguna de San Andrés del Estado de Tamaulipas, México. Se recolectaron ostiones en tres bancos de enero a diciembre del 2022, mediante el método basado en cuadrantes. Se determinó la estructura de tallas (largo, ancho y peso), distribución de estadios, relación peso-longitud, la abundancia y biomasa de *C. virginica*. En total se recolectaron 2,277 organismos. La talla representativa, en los tres bancos en conjunto se presentó en un intervalo de 43-65 mm de largo. Se registraron diferencias significativas en el ancho, largo y peso de los ostiones recolectados, siendo los organismos del Banco 1 y 2 de mayor longitud y peso. Los tres bancos presentaron un crecimiento alométrico negativo al establecerse un valor $b < 3$. En el número de reclutas entre los bancos no se registró diferencia estadística significativa. En el número promedio de juveniles-pre-adultos, adultos y adultos con más de una reproducción se observó una diferencia estadística significativa entre los bancos. La abundancia en los bancos está por debajo del número mínimo establecido (> 200 ostras/m²). Se presenta inadecuado manejo del recurso en los tres bancos, donde la mayor parte capturada de ostiones se encuentra por debajo de la talla permitida para su extracción. La estructura de tallas muestra que la mayor parte de la población capturada de *C. virginica* se encuentra por debajo de la talla permitida para su extracción, por lo que se sugiere el desarrollo de estudios enfocados al manejo sustentable de esta especie. Por lo que se concluye que las poblaciones del ostión americano (*Crassostrea virginica*) del sur de Tamaulipas presentan a) abundancias menores de las mínimas sostenibles, b) diferencias significativas en el crecimiento (medidas biométricas, distribución de frecuencias, tipo de crecimiento) y en la reproducción (número de reclutas), de las poblaciones de ostiones de la Laguna San Andrés y del Río Tigre, y c) una mayor proporción de organismos con talla promedio menor a la talla permitida para las Lagunas del Estado de Tabasco.

Palabras clave: *Crassostrea virginica*, estructura poblacional, Tamaulipas

1. INTRODUCCIÓN

La extracción de ostión americano *Crassostrea virginica* (Mollusca: Bivalvia: Ostreidae) se ha incrementado en E.E.U.U y en México por su importancia comercial (Kennedy, 2018; CONAPESCA-SAGARPA, 2018). Debido a esto, los bancos de ostión han disminuido en número y la sobreexplotación de estos es más frecuente (Beck *et al.*, 2011; Wilberg *et al.*, 2011; Baggett *et al.*, 2014).

En México, la extracción del ostión se realiza en los sistemas lagunares y estuarinos de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche (SAGARPA-CONAPESCA, 2012). Con el fin de regular la extracción en dichos estados, las poblaciones silvestres de *C. virginica* poseen el estatus de “recurso aprovechado al máximo sustentable” (Diario Oficial de la Federación, 2012). No obstante, sólo para el estado de Tabasco, se formuló la norma NOM-015-SAG/PESC-1994 con la finalidad de regular la extracción de ostión silvestre y establecer programas de aprovechamiento y manejo. Con base en esta norma, los ostiones son categorizados de acuerdo con la longitud de su concha como sub-adultos (50-69 mm) y adultos (≥ 70 mm). Considerando lo anterior, la norma establece que solo los ostiones de talla de ≥ 70 mm de longitud de concha se deben de extraer para consumo.

En el estado de Tamaulipas, el ostión *C. virginica* se encuentra en Matamoros, San Fernando, Soto la Marina, Aldama y Altamira (INEGI, 2011). En estos municipios, los bancos de ostión se localizan en la Playa Bagdad, Laguna Madre, Laguna Almagre, Barra del Tordo y laguna de San Andrés (Arias-De León, 2014). En el caso de la Laguna Madre, a pesar de que el ostión tiene una pesquería establecida y regulada, los bancos de ostión han sido sobreexplotados (CONANP, 2015). Esto se refleja en la disminución de la producción del ostión, por ejemplo, en el 2012, el estado de Tamaulipas ocupó el tercer lugar con una producción de 3,990 toneladas. En la actualidad, el estado ocupa el sexto lugar con 2,528 toneladas de ostión producidas (FAO, 2018).

La sobreexplotación de los bancos de ostión se debe en parte a la falta de una norma oficial que regule la pesquería del ostión en Tamaulipas. Actualmente, es urgente contar con la información biológica-pesquera del ostión con el fin de elaborar un Plan de Manejo del ostión en Tamaulipas y Veracruz, tomando como base las acciones realizadas para el aprovechamiento sustentable del ostión en el estado de Tabasco (INAPESCA, 2018).

En la actualidad, información de la estructura poblacional del ostión *C. virginica* es muy escasa para el Golfo de México (Vidal-Briseño *et al.*, 2015). Al respecto, George-Zamora & Aranda-Aldana (2000) evaluaron la producción de *C. virginica* e *Ischadium recurvum* (Bivalvia) en Mecoacán, Tabasco, México. Mientras que, Vidal-Briseño *et al.* (2015) evaluaron la estructura de tallas de la captura del ostión *C. virginica* en la Laguna de Tamiahua y Tampamachoco en Veracruz. Por su parte, Mayorga-Cruz (2021) realizó una caracterización poblacional de *C. virginica* existente en tres lagunas costeras de Tabasco. De la misma manera, Díaz-Jiménez *et al.* (2022) evaluaron aspectos de la dinámica poblacional de *C. virginica* en la laguna de Mecoacán, Tabasco.

Con base en los escasos de información es necesario orientar investigaciones hacia aspectos poblacionales en los sitios donde diariamente se realiza la extracción de *C. virginica*, con el fin garantizar un recurso sustentable y recuperar los bancos silvestres sobreexplotados en el estado de Tamaulipas. Debido a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar la estructura poblacional del ostión americano *C. virginica* en el sur de la costa del Estado de Tamaulipas, México.

2. ANTECEDENTES

2.1 Distribución

El ostión americano *Crassostrea virginica* habita en aguas costeras del este del norte américa, desde Canadá, Golfo de México, el Caribe y las costas de Brasil y Argentina (Sevilla, 1993). La facilidad reproductiva y de colecta hacen de este bivalvo en uno de los organismos con una alta demanda dentro de la acuicultura y las pesquerías, llevándose a cabo desde colectas manuales marismas, estuarios y lagunas, hasta el desarrollo de arrecifes ostrícolas artificiales (Palma, 2008). Las ostras habitan zonas intermareales, intermareales y submareales (Capone *et al.* 2008)

C. virginica también se ha introducido en diferentes zonas geográficas alrededor del mundo, incluyendo la costa oeste de Norteamérica, Hawái, Australia, Inglaterra, Japón y posiblemente otras zonas, pero la biología de esta especie ha sido imposible poder subsistir en esos sitios (Quayle,1988; Arakawa,1990). Una revisión de las introducciones de ostiones no nativos y las consecuencias ecológicas e implicaciones de restauración de estas acciones fue proporcionada recientemente por Ruesink *et al.* (2005).

2.2 Morfología externa e interna

Las conchas del ostión americano se caracterizan por grandes diferencias individuales en la forma, pero generalmente se caracterizan por ser organismos con estructura alargada, redonda y asimétrica. La valva izquierda es más robusta y presenta un arco más profundo que la valva derecha, que generalmente es planada (Imai y Sakai 1961; Galtsoff,1964; Wada,1986) Los juveniles (<40 mm) poseen la forma de concha más circular, mientras que los ostiones adultos (40-60) comienzan a convertirse en forma ovalada y alargada, con un crecimiento desplazándose hacia un costado (Galtsoff,1964).

Estas dos valvas están unidas por un ligamento llamado bisagra cuya función de dichas valvas es sostener los órganos internos blandos y evitar el colapso de la cavidad del manto (Galtsoff,1964). Las branquias constan de cuatro pliegues de tejido que están suspendidos de la masa visceral y ocupan gran parte de la cavidad del manto. Junto con el manto, las branquias son los principales órganos de respiración y crean corrientes de agua que permiten que las partículas de alimento sean capturadas y clasificadas por los palpos labiales antes de ser ingeridas en la boca y digeridas (Ulanowicz y Tuttle 1992; Dame,1999; Dame *et al.*, 2001; Newell 2004; Porter *et al.*, 2004).

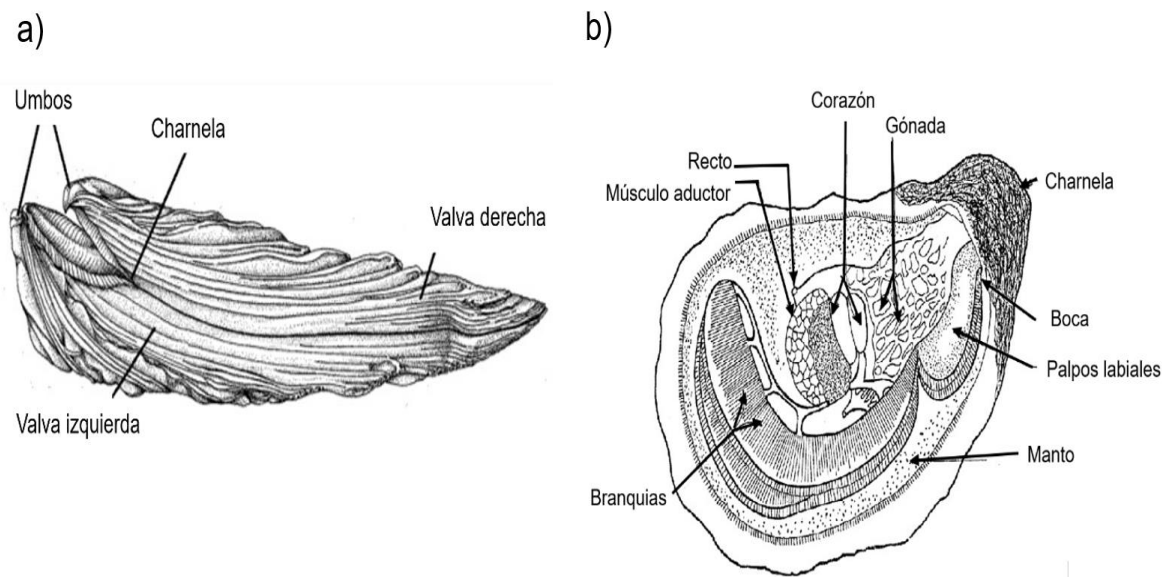


Figura 1. a) Morfología a) externa, b) interna de *Crassostrea virginica* (Galtsoff 1964)

2.3 Crecimiento y alimentación

Los ostiones acoplan los componentes bentónicos y pelágicos de ecosistemas a través de la filtración (es decir, la eliminación y excreción) (Dame,2012; Newell y Langdon, 1996). Las partículas capturadas por los ostiones son clasificadas para maximizar la ingestión de material orgánico nutritivo. El exceso de partículas no nutritivas se rechaza como pseudoheces. Los ostiones ingieren el componente palatable del filtrado, digieren el alimento y liberan el material

no absorbido como heces. El crecimiento y la temperatura están bien estudiados de la conducta alimentaria de los ostiones (Cranford *et al.*, 2011; Newell y Langdon, 1996).

Los bivalvos se alimentan de partículas en suspensión (filtración), de sedimentos o material en suspensión (Ward y Shumway 2004). Las partículas suspendidas en el agua entran en la abertura inhalante o sifón a través de las corrientes generadas por la acción de los cilios laterales situados en los lados de los filamentos ctenidiales (Beninger *et al.*, 1997, Ward *et al.*, 1998, Riisgård y Larsen, 2010)

Una vez que las partículas han entrado en la cavidad del manto, son transferidas a lo largo del ctenidio hasta los palpos labiales, que se consideran un sitio principal de selección de partículas. Una vez llevado a cabo la selección en los órganos paliales, algunas partículas son rechazadas como pseudoheces mientras que otras son ingeridas. Cuando las partículas a través del esófago entran el estómago, comienza la descomposición mecánica y enzimática del alimento ingerido. El estilo cristalino rotatorio rompe mecánicamente las partículas grandes, mientras que las enzimas liberadas por el estilo comienzan a descomponer las partículas orgánicas. El estómago es un lugar de selección de partículas post-ingesta, donde las partículas orgánicas más ligeras entran en el conducto del divertículo digestivo y continúan con la digestión intracelular. Las partículas restantes ingeridas pasan por el intersticio al intestino medio donde se mezclan con otros materiales no digeridos y se incorporan a los gránulos fecales que son expulsados a través del ano y del orificio exhalante (Gosling, 2003; Ward y Shumway, 2004).

La tasa de crecimiento depende en gran medida de la temperatura y la alimentación (Kennedy, 1996). Los ostiones experimentan un rápido crecimiento (alcanzando 10 mm al mes) en los primeros seis meses de vida, pero es lento durante el resto de su vida (Quast *et al.*, 1988) alcanzando aproximadamente 15 cm en cinco o seis años (Berrigan *et al.*, 1991).

La fisiología de la alimentación y el equilibrio energético de los bivalvos filtradores se ven principalmente afectados no sólo por factores ambientales, como la salinidad y la temperatura (Soria *et al.*, 2007; Sarà *et al.*, 2008; Nieves-Soto *et al.*, 2011), así como como la concentración y calidad del alimento (Velasco y Navarro, 2003; Sarà, 2006; Filgueira *et al.*, 2009).

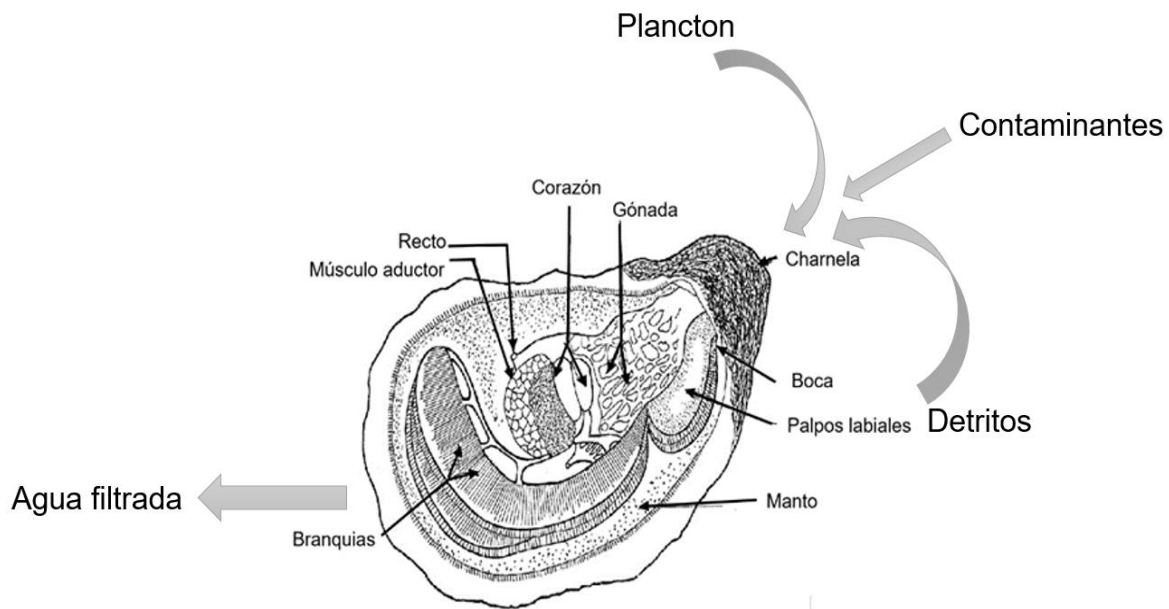


Figura 2. Morfología interna y proceso de alimentación de *Crassostrea virginica* (Galtsoff 1964 modificado)

2.4 Ciclo reproductivo

C. virginica son organismos protándricos, los individuos maduran primero como machos y luego suelen cambiar a hembras, dependiendo de las condiciones ambientales, y también hay evidencia que sugiere que el proceso es reversible más tarde en la vida (Thompson *et al.*, 1996). Los factores que determinan el sexo son variados y complejos. Los ostiones también pueden cambiar de sexo anualmente en respuesta a presiones ambientales, nutricionales y/o fisiológicas (Thompson *et al.*, 1996; Ford *et al.*, 1990). Diversos factores ambientales suelen influir sobre la gametogénesis de los moluscos bivalvos, entre estos están la temperatura, disponibilidad de alimento, fotoperiodo, salinidad, etc. De estos, la temperatura es el factor principal detonante de la gametogénesis en bivalvos (Gosling, 2008).

Tranter (1958) descubrió que las células germinales pueden diferenciarse hacia la masculinidad cuando las reservas y la energía son escasas. Cuando la disponibilidad de alimentos es alta, se diferencian hacia la feminidad, no obstante, los ostiones nacen macho y cambian de sexo a hembra después de un año (Guo *et al.*, 1998)

Zarain y Villalobos (2012) mencionan que las hembras dominan la proporción sexual cuando existe mayor disponibilidad de alimento y pueden transformarse en machos cuando el alimento escasea, por ejemplo, cuando están en situación de hacinamiento.

Para *Crassostrea virginica* se describe las siguientes fases del estadio gonadal (Baqueiro, *et al.*, 2007; Aldana-Aranda *et al.*, 2014):

Estadio I o de Reposo: el tejido gonadal es apenas evidente, representado por una fina capa de células paralela a la pared externa entre el tejido conjuntivo reticular, puede haber actividad gametogénica presente, o pueden persistir células germinales de temporadas anteriores, pero en cualquier caso no es posible identificar el sexo.

Estadio II o Gametogénesis: la actividad gametogénica es evidente, con agrandamiento del folículo, las células germinales se diferencian. Dependiendo del avance de la gametogénesis, los gametos maduros pueden o no estar presentes, los sexos están claramente diferenciados.

Estadio III o Madurez: predominio de gametos maduros, los óvulos están densamente empaquetados presentan una forma poliédrica; los espermatozoides están densamente empaquetados, formando haces con flagelos hacia el centro del folículo.

Fase IV o Desove: los folículos se vacían parcialmente vaciados, los óvulos pierden su forma poliédrica, los espermatozoides en el centro del folículo, formando una masa irregular; los folículos periféricos pierden su tejido germinal y se convierten en conductos ciliados donde sólo se observan óvulos o espermatozoides maduros, la gametogénesis puede continuar a través de esta etapa

Los gametos son depositados en la columna de agua en respuesta a una variedad de estímulos como: temperatura, salinidad, alimentación, etc. Los huevos fertilizados se desarrollan como larvas trocóforas las cuales dependen de reservas internas como suministro de energía. Después de 24 horas, las trocóforas se convierten en larvas véliger con concha y usan un órgano ciliado (velum) para capturar alimento y para nadar. Dos semanas después, dependiendo de la abundancia de alimento y temperatura, la larva véliger desarrolla una mancha ocular y un pie larval con el cual explora potenciales substratos para el asentamiento. Una vez estimulada a asentarse, cementa su valva izquierda al substrato y se transforma por metamorfosis en un

juvenil de ostra descartando su velum, reabsorbiendo su pie, y agrandando sus branquias (Grizzle *et al.*, 2002).

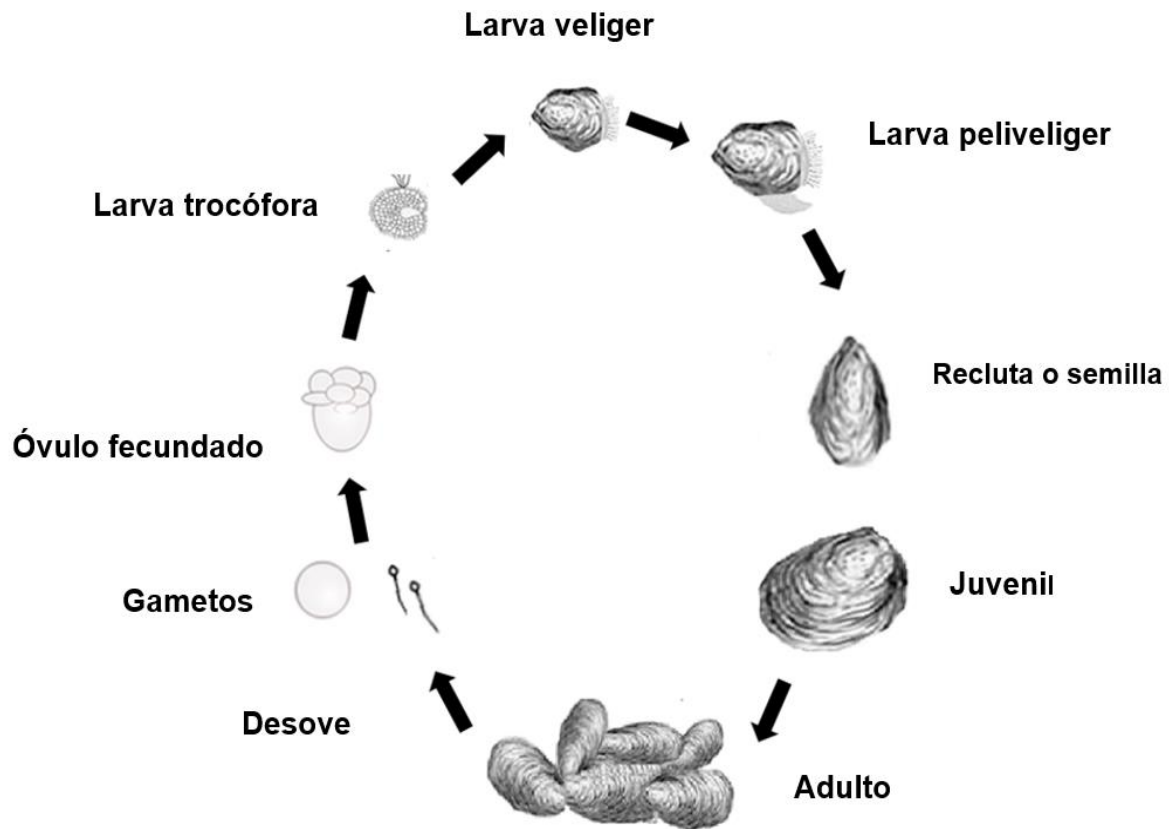


Figura 3. Ciclo reproductivo del ostión americano *Crassostrea virginica* (Wallace, 2022)

2.5 Preferencia de hábitat

C. virginica se incluye como macrozoobentos organismo que vive en el fondo del agua durante su vida (bentos) (Fadli *et al.*, 2012) y depende en gran medida una mezcla cuerpos de agua salada con agua dulce (Butler, 1954) y, por lo tanto, suele aparecer en estuarios y zonas costeras de salinidad reducida como extensos arrecifes en fondos duros y firmes, tanto intermareales como submareales (Meyer y Townsend 2000; Wilson *et al.*, 2005)

De acuerdo con Nybakken (1992) los ostiones tienen preferencia por los sustratos arenosos y estos se divide en dos tipos: arena fina y arena gruesa. La tasa de intercambio de agua en sustratos de arena gruesa es más rápida y el contenido de materia orgánica es bajo, por lo que el oxígeno disuelto está disponible de forma continua como resultado de la descomposición

aeróbica y minimiza los tóxicos. Mientras que el tipo de sustrato arenoso fino tiene una tasa de intercambio de agua lenta. Los sustratos gruesos se suelen encontrarse en aguas con fuertes corrientes, por lo que las partículas pequeñas serán arrastradas por las corrientes a los lugares más bajos, mientras que las partículas más grandes se depositarán (Odum, 1971).

En bancos de ostrícolas se llevan a cabo procesos biológicos, físicos, químicos e hidrodinámicos de gran importancia ecológica para los ecosistemas marinos (Dame *et al.*, 1984; Richard *et al.*, 1992), además de brindar refugio y alimentación para múltiples especies de peces e invertebrados y son los encargados de mitigar los procesos de eutrofización en los estuarios, tienen la capacidad de mantener la calidad de agua ya que incorporan el carbonato de calcio en la formación y crecimiento de su concha (Peterson *et al.*, 2003).

2.6 Importancia ecológica

C. virginica juega un papel importante en la formación y mantenimiento de los ecosistemas, en el ciclo de nutrientes y como conexión entre bentónico-pelágico. Un aumento de la población de este organismo ayudará a reducir la eutrofización antropogénica. Además, las comunidades de este bivalvo pueden formar arrecifes, que sirven como hábitats de peces ecológicamente importantes y pueden aumentar significativamente la diversidad de peces (Kingsley-Smith *et al.*, 2012). Además, la densidad de los ostiones en los ecosistemas costeros también afecta a la población de gaviotas, donde los arrecifes de ostrícolas determinan la compleja cadena alimentaria de las gaviotas en una zona (Markert *et al.*, 2013). *C. virginica* también determinan la abundancia diversas especies de cangrejos, usando como hábitat o refugio los arrecifes de ostiones (Meyer, 1994).

Crassostrea actúa como un eficiente ingeniero de ecosistemas, especialmente en entornos mediante la formación de corales biogénicos (Huan *et al.*, 2013). Estas estructuras duras proporcionan hábitat para diversas especies y proporcionan superficies para protección contra condiciones ambientales extremas, refugio de depredadores o zonas de cría (Walles *et al.*, 2015).

Debido a sus hábitos alimentarios filtradores, *Crassostrea* sp. puede eliminar sustancias nocivas y convertir los nutrientes en formas accesibles indirectamente la eficiencia de la producción primaria de la vegetación acuática (Shumway *et al.*, 2003; Ruesink *et al.*, 2005).

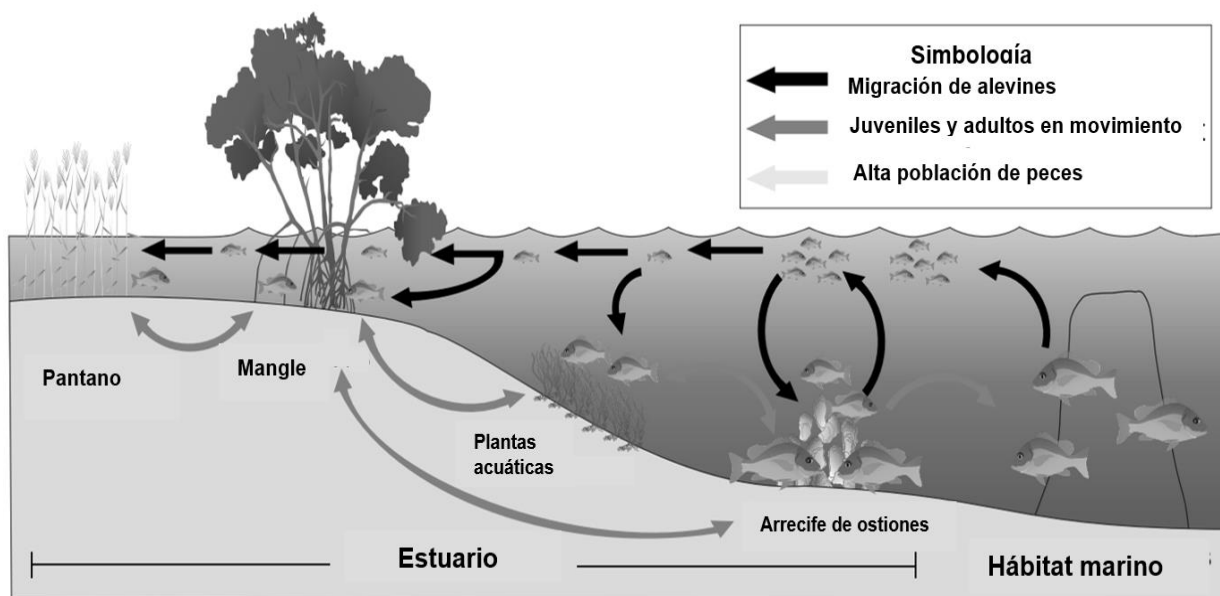


Figura 4. Importancia y función ecológica de *C. virginica* en los ecosistemas costeros

2.7 Factores ambientales

La temperatura es el factor más importante que afecta prácticamente todos los aspectos de la biología de la ostra, incluida la supervivencia, la alimentación, el crecimiento, el desarrollo gonadal, el desove, el asentamiento de larvas, el sexo y los brotes de enfermedades (Shumway, 1996), mientras que la salinidad afecta la fisiología de la alimentación y el equilibrio energético (Soria *et al.*, 2007; Sarà *et al.* 2008; Nieves-Soto *et al.*, 2011) y la sincronización del ciclo gametogénico, el patrón reproductivo y la inducción al desove (Ludi, 2011).

Diversos estudios han determinado las condiciones ambientales ideales para el desarrollo, crecimiento y reproducción *Crassostrea virginica*

Los ostiones pueden tolerar una amplia gama de condiciones ambientales. En concreto, los ostiones adultos pueden vivir en cuerpos de agua cuya temperatura oscila entre -2 °C a 36°C y

salinidades de 4 psu a 40 PSU (Galtsoff,1964; Davis,1958). Sin embargo, su crecimiento cesa por debajo de los 8 °C (Price et al. 1975). Las tasas de crecimiento varían con temperatura (Butler, 1953), y las tasas de crecimiento más elevadas se dan en torno a los 25 °C, una temperatura con tasas de crecimiento elevado es de 27 °C y una salinidad de 26,8 PSU, sin embargo, las tasas de crecimiento se redujeron por encima de los 30°C y en combinaciones de baja temperatura del agua (<15 °C) y baja salinidad (<15) (Lowe, 2017). Marshall et al (2021) en un estudio observo en *C. virginica* a una salinidad de 20,0, las mortalidades acumuladas de todas las poblaciones fueron bajas (<15%) a 28.9 °C y en temperaturas más altas, alcanzando 60.5-66.0% a 35.6 °C y el 100% a 37,8 °C aumento la mortalidad.

Crassostrea virginica el desarrollo reproductivo depende en gran medida de la temperatura del agua (Loosanoff y Davis, 1952) y depende menos de la salinidad. Sin embargo, las salinidades inferiores a 5 o 6 PSU pueden inhibir gametogénesis (Loosanoff, 1953).

Se ha observado que las hembras adultas de (40-60mm), requieren 26 °C y 32 UPS para iniciar la gametogénesis, mientras que las hembras adultas con más de una reproducción (≥ 61 mm) la inician en 25 °C en el mismo rango de salinidad. La liberación de ovocitos en hembras adultas de (40-60 mm) se inicia a 24 °C y 28 UPS, y para las hembras con más de una reproducción (≥ 61 mm) a 28 °C y a 25 UPS. En machos adultos (40-60 mm), la gametogénesis inició a 28.5 °C y 32 UPS. Mientras que para los adultos de más de una reproducción (≥ 61 mm) se inició a 26.5 °C y 32 UPS. La liberación de espermatozoides se inició, a 24 °C y 28.5 UPS en ostiones adultos (40-60 mm), por su parte, los ostiones machos con más de una reproducción (≥ 61 mm), necesitaron 25 °C y 27 UPS (Ascencio *et al.*, 2016).

Rogers y García (1981) en un estudio del ciclo gonadal de *C. virginica* describe un promedio anual de (27-30°C) favorece a la reproducción y expulsión de elementos sexuales observándose prácticamente durante todo el año como consecuencia de la constante disponibilidad de abundante alimento.

Magaña-Carrasco *et al.* (2018) los organismos de *C. virginica* desovaron a temperaturas de agua más cálidas, 20-30 ° C y un 50% de tolerancia a la salinidad de 10 a 30 psu. Nichols et al. (2021) estudiaron la motilidad de los espermatozoides de *C. virginica*, donde se activó en agua de mar con una salinidad que oscilaba entre 4 y 32 PSU y se suprimió en agua de mar con una salinidad de >32 PSU. La mayor motilidad y velocidad se observaron en 12 a 24 PSU.

Nash y Rahman (2019) demostraron claramente que la exposición a corto plazo a temperaturas medias y altas (28 y 32°C) atenúan las funciones testiculares al alterar las condiciones del fluido corporal y aumentando el estrés oxidativo y la apoptosis en los tejidos testiculares en *C. virginica*, en comparación con un porcentaje de la producción media de 63% a 24°C, 57% a 28°C, y 50% a 32°C.

2.8 *Crassostrea virginica* como bioindicador ambiental

Los moluscos son organismos centinela en el biomonitoreo ambiental por su estilo de vida sésil y sedimentario, del mismo modo su capacidad para integrar la contaminación por medio de la filtración o alimentación (Lango *et al.*, 2013). Los moluscos bivalvos como *C. virginica* pertenecen a los principales grupos de organismos empleados como bioindicadores de la calidad ambiental en los ecosistemas costeros del Golfo de México (Páez-Osuna y Osuna-Martínez, 2011). El ostión americano como organismo filtrador puede bioacumular activamente una diversidad de contaminantes, por sus características fisiológicas y capacidad bioacumuladora (Cutz *et al.*, 2010; Lango *et al.*, 2013) como residuos domésticos (aguas residuales de alcantarillado, basura plástica), industrial (Residuos de hidrocarburos, metales, sustancias químicas, orgánicas y sintéticas, agrícola (fertilizantes y plaguicidas) (Islam y Tanaka, 2004).

A medida que los bivalvos filtran grandes cantidades de agua de mar, sus tejidos absorben algunos de los contaminantes presentes en el agua y las partículas de alimentos. Los bivalvos acumulan trazas de metales del medio acuático circundante a través de la membrana celular (fuente disuelta) y de los materiales alimenticios (fuente dietética) (Boening, 1999), mientras que diversos factores ambientales influyen en la bioacumulación en los bivalvos como lo son: el carbono orgánico, la dureza del agua, la temperatura, el pH, el oxígeno disuelto, el tamaño del grano del sedimento y las características hidrológicas del sistema (Elder, 1991).

Especies de mejillones y ostiones se han empleado exitosamente como biomonitores en aguas templadas (Nielsen y Nathan, 1975; Szefer, 2002) y tropicales (Phillips, 1979; Páez *et al.*, 1993). Históricamente, los moluscos bivalvos, particularmente los mejillones, han sido seleccionados como biomonitores en programas internacionales de monitoreo ambiental (Goldberg, 1975; Goldberg *et al.*, 1978; Sericano *et al.*, 1995). Sin embargo, el mejillón y las ostras no están disponibles en todas partes. En tales circunstancias, cada país debe adaptar su

programa de monitoreo de acuerdo con las especies disponibles. Antes de considerar a estas dos especies de bivalvos como biomonitores, debemos verificar si las condiciones mencionadas anteriormente son satisfactorias.

2.9 Sobreexplotación y disminución de las poblaciones de ostiones

La pérdida de hábitat asociada a la sobrepesca se considera la principal causa de la disminución inicial de las poblaciones de ostras a lo largo de la costa este (Rothschild et al. 1994; Jackson *et al.*, 2001).

La acumulación excesiva de sedimentos en los arrecifes de ostras puede impedir el asentamiento de las larvas de ostras y degradar el hábitat de las ostras. Las ostras enterradas bajo 20 mm de sedimento pueden sobrevivir, pero si la capa de sedimento supera los 40 mm, la ostra morirá en dos semanas (Comeau, 2014).

Además de la sobreexplotación y la sedimentación, varias enfermedades han afectado drásticamente a las poblaciones de ostiones en el pacífico, afectado drásticamente a las poblaciones de ostras de la costa este. Aunque hay muchas pueden afectar a las ostras, el *Haplosporidium nelsoni* y *Perkinsus marinus* han sido las principales causas de mortalidad de las ostras, donde el aumento de las temperaturas del agua durante se cree que ha provocado la prevalencia de estas enfermedades (Cook *et al.*, 1998).

Las repercusiones del cambio climático, especialmente la acidificación de los océanos y el aumento de la temperatura del agua, también han afectado y seguirán afectando a las poblaciones de ostras. La acidificación de los océanos provoca un descenso del pH que debilita las conchas de las larvas de ostra, disminuyendo su crecimiento y reduciendo las tasas de supervivencia (Miller *et al.*, 2009). La acidificación también puede disminuir las tasas de calcificación de juveniles y adultos (Beniash *et al.*, 2010; Dickinson *et al.*, 2012; Waldbusser *et al.*, 2011). Además, el calentamiento de la temperatura del agua puede aumentar de enfermedades infecciosas (Burge *et al.*, 2014), al tiempo que aumenta el alcance de estas enfermedades, lo que contribuirá al declive de las especies. estas enfermedades, lo que contribuirá al declive de las especies (Harvell *et al.*, 2002).

Hoy en día para contrarrestar estas pérdidas, los proyectos de restauración de ostras han aumentado exponencialmente desde 1990 en Asia, Australia, Europa y América del Norte (Duarte *et al.*, 2020). La restauración de ostras tiene como objetivo mejorar o establecer arrecifes mediante la adición de sustrato duro u ostras vivas al fondo marino en ambientes costeros de sedimentos blandos (Berszoza-Hernández *et al.*, 2018). En teoría, la adición de sustrato atrae a las larvas de ostras de las poblaciones existentes para que se establezcan gregariamente y construyan nuevos arrecifes, mientras que la adición de ostras vivas proporciona stock de cría para aumentar el suministro de larvas y mejorar el reclutamiento (Brumbaugh y Coen, 2009; Lipcius *et al.*, 2008) .

2.10 Estado actual del ostión en México y Tamaulipas

Además de su importancia ecológica, también es un recurso que brinda ingresos económicos para las familias pesqueras. Actualmente el estado líder en producción de ostión es Veracruz, que abarca 116,600 hectáreas, de las cuales se destaca la importancia de las ostras en las lagunas de Tampamachoco y Tamiagua; Tabasco es el segundo productor, que cuenta con alrededor de 29,800 hectáreas de lagunas, donde los principales ecosistemas son Mecocan y Carmen Pajonal Machona. Tamaulipas ocupa el tercer lugar en producción de ostras, con 231,200 hectáreas de lagunas costeras las cuales se destacan San Andrés y Laguna Madre los más importante. Por último, en cuarto lugar, en producción de ostras es Campeche con alrededor de 5,000 hectáreas de lagunas costera, Laguna de Atasta y Pom siendo los más importantes (Contreras, 2010).

Para el año 2017, la información contenida en el Anuario Estadístico de la CONAPESCA, de las 54,964 toneladas de producción de ostión nacional al litoral del Golfo de México corresponde el 71.50% aprovechando la especie ostión americano *C. virginica*, esta explotación se registra principalmente en los estados de Veracruz 42.06%, Tabasco 24.84% y Tamaulipas con 4.59%

Sin embargo, estado de Tamaulipas de ocupar el tercer lugar con una producción de 3,990 toneladas, paso a ocupar el sexto lugar con 2,528 toneladas de ostión producidas (FAO, 2018), donde la sobreexplotación de los bancos de ostión se debe en parte a la falta de una norma oficial que regule la pesquería del ostión en Tamaulipas (INAPESCA, 2018).

Pocos trabajos se han realizado en relaciona su estructura poblacional del ostión *C. virginica* (Vidal-Briseño *et al.*, 2015).

George-Zamora y Aranda-Aldana (2000) estudiaron *Crassostrea vírginica* e *Ischadium recurvum* para evaluar la producción somática con biometría e índices de condición fisiológica durante un ciclo anual en Mecoacán, Tabasco, México

Vidal- Briseño *et al.* (2015) evaluaron aspectos poblacionales del ostión americano *Crassostrea virginica*, en las lagunas de Tamiahua y Tampamachoco, Veracruz. Las muestras se colectaron mensualmente, desde abril 2011 hasta marzo 2012

Mayorga Cruz *et al.* (2021) realizaron una caracterización poblacional del ostión americano *Crassostrea virginica* existente en tres lagunas costeras de Tabasco, donde se determinó la biometría, la estructura poblacional, los parámetros de crecimiento poblacional y el rendimiento durante un ciclo anual.

Díaz Jiménez *et al* (2022) Se evaluaron aspectos de la dinámica poblacional del ostión americano *Crassostrea virginica* desde junio de 2020 hasta mayo de 2021 en la laguna de Mecoacán, donde se evaluaron distribución de tallas y crecimiento y mortalidad

3. HIPÓTESIS

Las poblaciones del ostión americano *Crassostrea virginica* del sur de Tamaulipas presentan a) abundancias menores de las mínimas sostenibles, b) diferencias significativas en el crecimiento (medidas biométricas, distribución de frecuencias, tipo de crecimiento) y en la reproducción (número de reclutas), de las poblaciones de ostiones de la Laguna de San Andrés y del Río Tigre, y c) una mayor proporción de organismos con talla promedio menor a la talla permitida para las Lagunas del Estado de Tabasco.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Determinar algunos aspectos poblacionales de *Crassostrea virginica* en el Río tigre y laguna de San Andrés, Aldama Tamaulipas

4.2 Objetivos específicos

- Obtener la distribución de tallas de *C. virginica* en los bancos ostrícolas en el Río tigre y laguna de San Andrés
- Determinar la relación entre las variables de longitud – peso de cada banco
- Determinar el promedio de largo, ancho y peso de la concha entre los tres bancos
- Determinar la abundancia y biomasa total de los bancos situado en el Río tigre y laguna de San Andrés

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Área de estudio.

Los ostiones fueron recolectados en los bancos ostrícolas localizados en el Río Tigre y en la Laguna de San Andrés (Figura 1). Ambos sitios se ubican en el litoral del Golfo de México, entre los municipios de Aldama y Altamira, Tamaulipas, en las coordenadas: 22° 47' y 22° 32' de latitud norte y 97°54' y 97° 41' de longitud oeste. El agua dulce de estos sistemas la proveen el Río Tigre y el Río Barberena. La laguna es muy somera, con poca vegetación alrededor, cuenta con bancos de ostiones *C. virginica* y alta actividad pesquera de camarón, jaiba y algunas especies de peces.

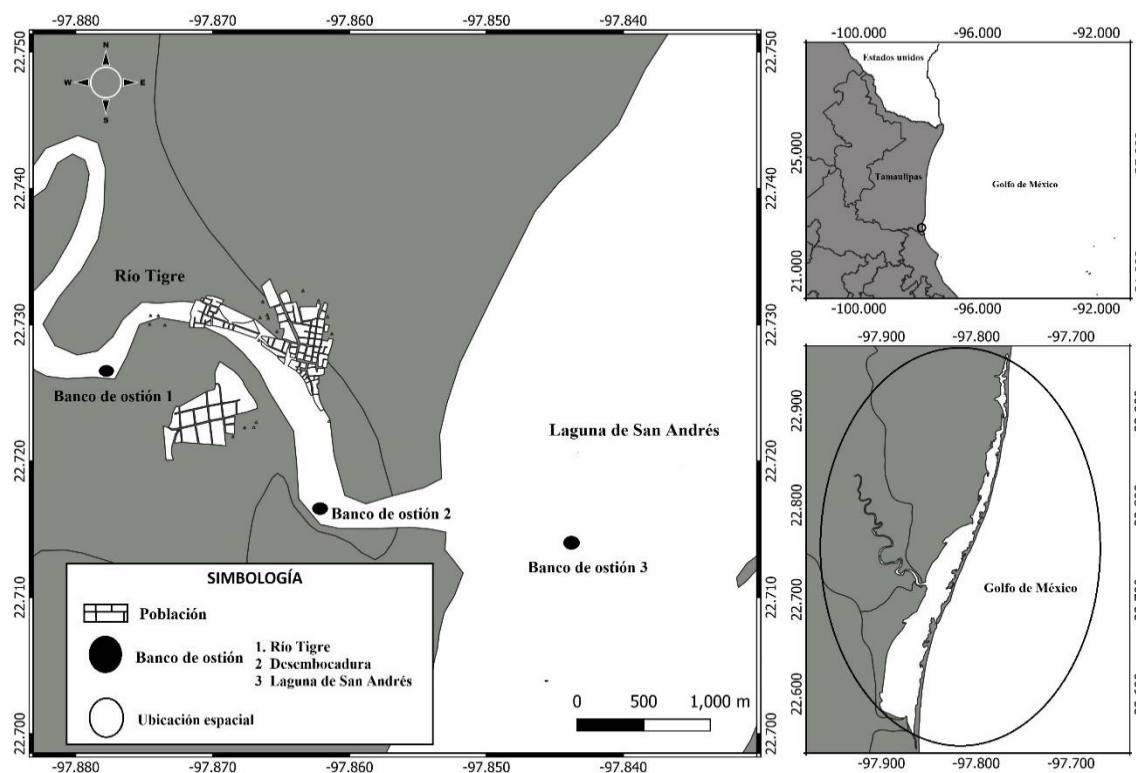


Figura 5. Ubicación geográfica de los bancos ostrícolas en el Río Tigre y en la laguna de San Andrés en el municipio de Aldama, Tamaulipas.

5.2. Recolecta de los ostiones.

Los ostiones fueron recolectados en el Río Tigre (Banco 1), la desembocadura del Río Tigre (Banco 2) y en la laguna de San Andrés (Banco 3) de enero - diciembre del 2022. En cada banco los ostiones fueron recolectados en 2,500 m², a una profundidad de 43±12 cm en el Río Tigre, 67±12 cm en la Desembocadura y 90±12 cm en la Laguna de San Andrés. En esta área, el muestreo de los ostiones fue mediante el método basado en cuadrantes (Garrido *et al.*, 2007; Betanzos-Vega *et al.*, 2018). Para ello, cada banco fue dividido en cinco cuadrantes, en cada cuadrante se lanzó aleatoriamente un marco cuadrado de acero (1 m²) cinco veces con el fin de determinar la densidad poblacional (número de ostiones/m²).

5.3 Determinación de las tallas.

La recolección de los ostiones fue de forma manual. Los ostiones recolectados se limpiaron y lavaron con agua para retirar el exceso de materiales adheridos a la concha (pequeños bivalvos, algas y sedimento). Una vez limpios, los ostiones fueron medidos (largo y ancho), con un vernier con precisión de 0.1 mm, y pesados con una balanza digital (Ohaus Compass TM CX) con precisión de 0.1 g.

5.4 Clasificación de los ostiones, según la etapa reproductiva.

Después, los ostiones fueron clasificados por reclutas (0 a 20 mm), juveniles-pre-adultos (20 a 40 mm) y adultos (40 a 60 mm) y adultos con más de una reproducción (≥ 60 mm) (Rodríguez-De La Cruz, 1988; Galtsoff, 1964). Para estimar el porcentaje de población pescable, en el presente estudio se tomó como referencia la talla mínima de extracción (70 mm de longitud concha), establecida por la Norma Oficial Mexicana NOM-015-SAG/PESC-2016, para regular el aprovechamiento de ostión *C. Virginica* en los sistemas lagunar estuarinos del Estado de Tabasco.

5.5 Análisis de datos.

5.5.1 Distribución de frecuencias de tallas.

El análisis de distribución de la frecuencia de tallas de los ostiones recolectados se efectuó mensualmente por banco, siendo 4 mm el tamaño de intervalo de clase para cada banco, haciendo uso de la fórmula de Fredman & Diaconis (1981a, b): $h = 2 \text{ (RIC)} n^{-1/3}$ donde:

Donde:

- IQR O RIC es el rango intercuartil de la serie de datos de entrada.
- n es el número de valores no perdidos en las series temporales de datos de entrada.

Dado que en el presente estudio la talla no presentó distribución normal (test Kolmogorov-Smirnov: $p < 0.05$), se utilizó la prueba de Kruskal Wallis, que permitió comparar las medianas de diferentes muestras (Zar, 2010) para ese factor.

5.5.2 Relación peso-longitud. Se determinó la relación longitud peso mediante la aplicación de un modelo potencial $Y = a X^b$, donde: “Y” representó el peso total y “X” representó la longitud total de la concha. Bajo el supuesto de que si $b < 3$ existe un crecimiento alométrico negativo, si $b = 3$ el crecimiento es isométrico y si $b > 3$ el crecimiento que presenta la especie es un crecimiento alométrico positivo (Ibáñez & Fernández, 2006)

5.5.3 Abundancia parcial y total. Se determinó la abundancia en número y peso (N/m^2 y kg/m^2) de cada réplica, de cada zona evaluada, y la abundancia total del banco realizando las conversiones necesarias para obtener la abundancia total en kg/km^2 (productividad por área).

5.5.4 Densidad y Biomasa parcial y total. A partir de la productividad por área o densidad (D) en peso (kg/km^2), estimada para todo el banco y del área total del banco (A) en km^2 , se estimó la biomasa (B) total de la población en toneladas métricas (t) con la fórmula $B = A * D$ (Cadima, 2003).

5.5.5 Comparación de medidas biométricas promedio y de la proporción de individuos por etapa reproductiva. Finalmente, el número promedio de largo (mm), ancho (mm) y peso (g), así como el número promedio de los reclutas, jóvenes, adultos y adultos con más de una reproducción, fue sometido a una prueba Kruskal-Wallis (KW), seguido de una comparación de medias de Tukey con un alfa de 0.05, con el fin de determinar diferencias estadísticas en las variables antes mencionadas entre los bancos, después de comprobar la ausencia de normalidad y la homogeneidad de la varianza con las pruebas de *Kolmogorov-Smirnov* y Leven

6. RESULTADOS

Se recolectaron 2,277 ostiones de *C. virginica*, en el Banco 1 (n=532), Banco 2 (n=488) y Banco 3 (n=1,257).

6.1 Estructura poblacional por talla y por etapa reproductiva.

En el Banco 1, la estructura de tallas de *C. virginica* estuvo constituida por organismos de 17 a 118 mm largo total (Lt). No obstante, hay una mayor representación de individuos con tallas comprendidas entre 45 a 58 mm. La mayor proporción de ostiones (82.21%) se ubicó en longitudes valvares mayores a 42 mm (Fig. 2a). La talla media de los ostiones muestreados fue de 57.86 mm Lt. En este banco se recolectó un ejemplar en la etapa de recluta (0.18 %), 20 en la etapa juvenil-pre-adulto (3.75 %), 306 adultos (57.51 %) y 205 adultos con más de una reproducción (38.56 %).

En el banco 2, la estructura de tallas de *C. virginica* estuvo constituida por organismos de 13 a 93 mm largo total (Lt). Hay una mayor frecuencia de individuos con tallas comprendidas entre 54 a 65 mm de longitud total. La mayor proporción de ostiones (86.58%) se ubicó en longitudes valvares mayores a 37 mm (Fig. 2b). La talla media general de los ostiones muestreados fue de 57.84 mm Lt. En este banco se recolectaron tres ejemplares en etapa de recluta (0.61 %), 36 en etapa juvenil-pre-adulto (7.37%), 237 adultos (48.56%) y 212 adultos con más de una reproducción (43.46 %; Fig. 2b).

En el banco 3, la estructura de tallas de *C. virginica* estuvo constituida por organismos 12 a 106 mm largo total (Lt), con una mayor concentración de individuos de 43 a 57 mm de longitud total. La mayor proporción de ostiones se ubicó en longitudes valvares mayores a 37 mm (75.17%; Fig. 2c). La talla media general de los ostiones muestreados fue de 51.56 mm Lt. En este banco se recolectaron 15 ejemplares de la etapa recluta (1.19 %), 269 de la etapa juvenil-pre-adulto (21.40%), 625 adultos (49.75%) y 348 adultos con más de una reproducción (27.66 %).

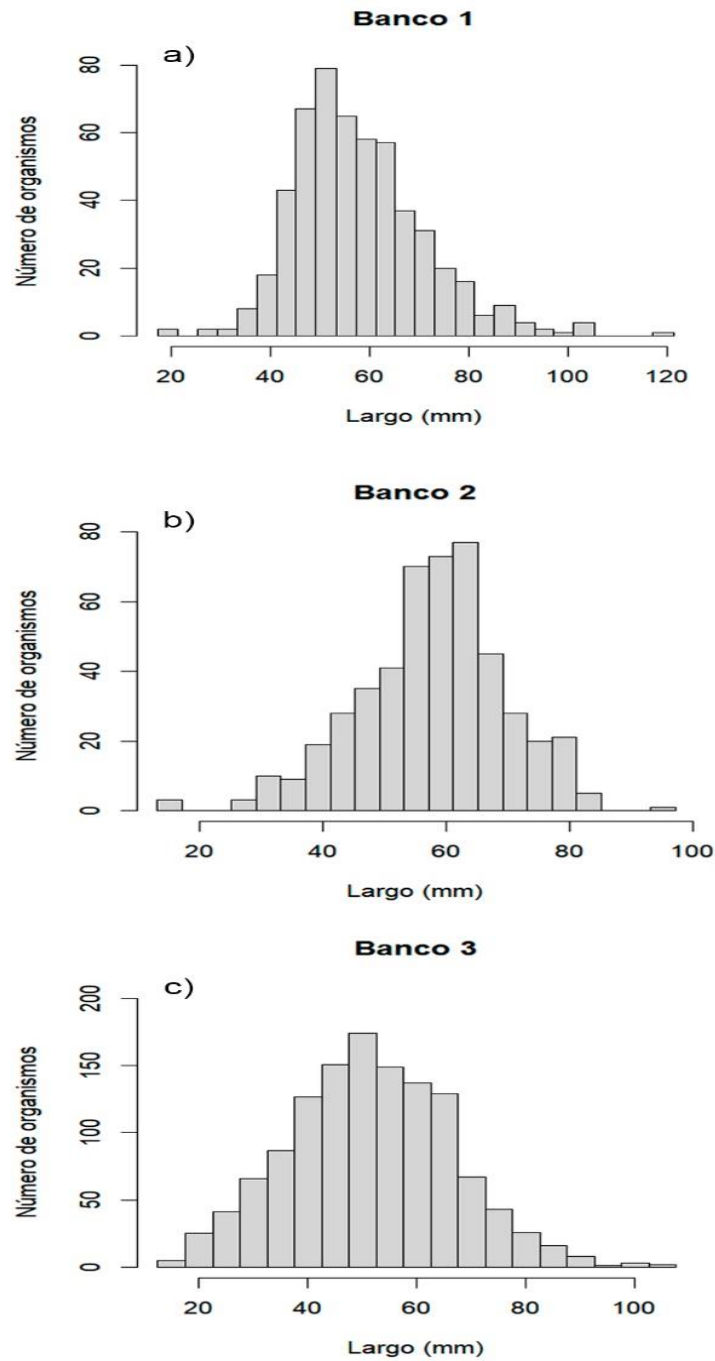


Figura 6. Distribución de tallas de *C. virginica* a) Río Tigre, b) desembocadura y c) laguna de San Andrés, Aldama, Tamaulipas, México en el periodo enero-octubre 2022.

6.2 Tipo de crecimiento.

Mediante la aplicación del modelo de regresión potencial del peso total (PT)-longitud total (Lt) para el ostión *C. virginica* en el banco 1 se obtuvo un crecimiento alométrico negativo en los ejemplares muestreados para esta zona, al estimar que el valor de $b = 2.179$ y se determinó la ecuación: $(PT = 0.005 * Lt^{2.179}; r = 0.774)$, la cual indicó que existe una relación entre el peso y la longitud total de los organismos (Fig.3a).

Con respecto a la relación longitud-peso de *C. virginica* del banco 2 determinó un valor $b = 2.110$, lo que evidenció que los ejemplares muestreados para el presente estudio presentaron un crecimiento alométrico negativo. Así mismo, se estableció la ecuación: $(PT = 0.007 * Lt^{2.110} r = 0.739)$ (Fig.3b).

Con respecto a la relación longitud-peso de *C. virginica* para el banco 3, se determinó un valor $b = 2.458$, lo que evidenció que los ejemplares muestreados para el presente estudio presentaron un crecimiento alométrico negativo. Así mismo, se estableció la ecuación: $(PT = 0.001 * Lt^{2.458} r = 0.821)$, la cual demostró que existe una relación entre las variables analizadas (Fig. 3c).

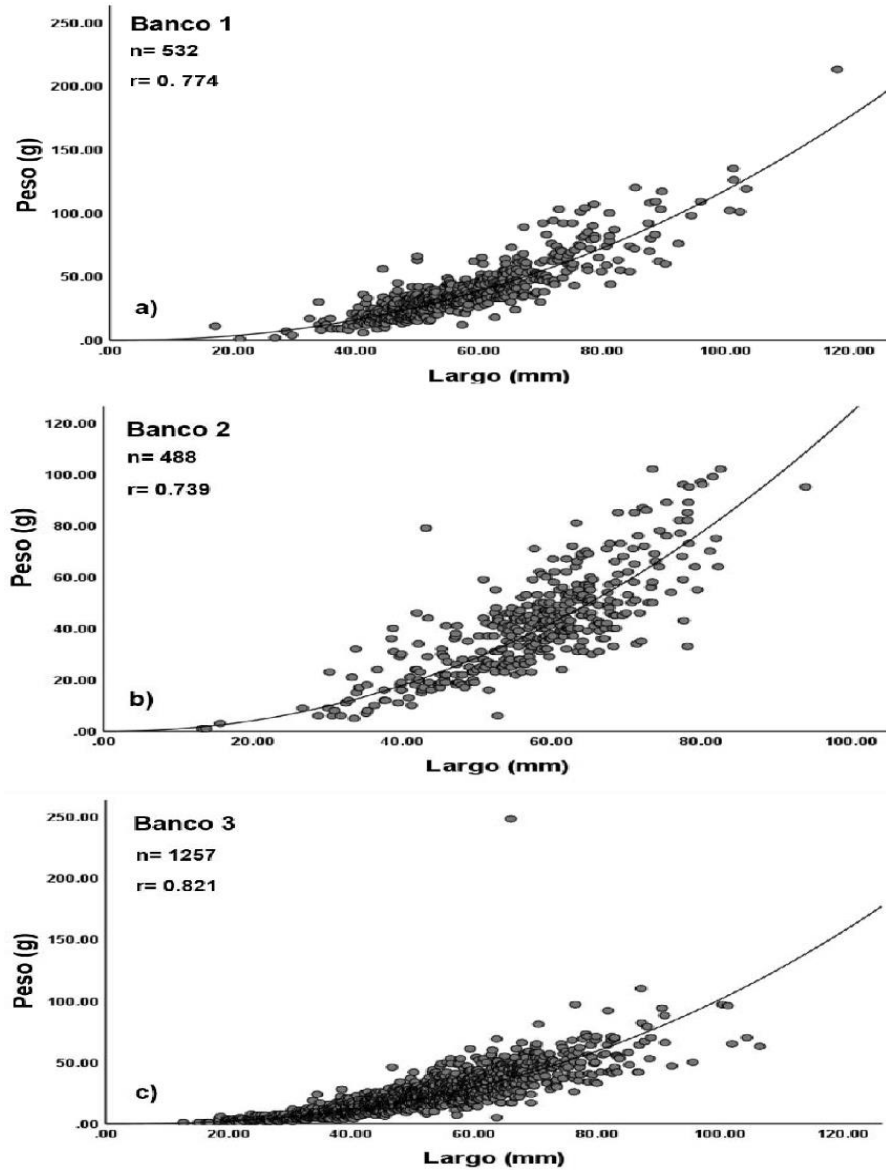


Figura 7. Relación entre las variables longitud-peso de *C. virginica* a) Río Tigre, b) desembocadura y c) laguna de San Andrés.

6.3 Diferencias entre bancos.

6.3.1 Diferencias en tallas y pesos. A través de la prueba de Kruskal- Wallis, el ancho, largo y peso de los ostiones recolectados en cada banco se registró diferencia estadística significativa ($p < 0.05$; Figs. 3 a, b y c). En el ancho del cuerpo de los ostiones del banco 1 y banco 2 no hubo diferencia estadística significativa ($P = 0.180$), en contraste con el banco 3 ($P = 0.001$). No obstante, el ancho del cuerpo de los ostiones recolectados en ambos bancos fue mayor al ancho del cuerpo de los ostiones recolectados en el banco 3 (Fig. 3a).

Por otro lado, en el banco 1 y en el banco 2 no hubo diferencia estadística significativa en el largo del cuerpo de los ostiones ($P = 0.128$), en contraste con el banco 3 ($P = 0.001$). No obstante, el largo de los ostiones recolectados en ambos bancos fue mayor al largo del cuerpo de los ostiones recolectados en el banco 3 (Fig. 3b).

De forma similar, en el banco 1 y en el banco 2 no hubo diferencia estadística significativa en el peso del cuerpo de los ostiones ($P = 0.110$), en contraste con el banco 3 ($P = 0.001$). No obstante, el peso de los ostiones recolectados en ambos bancos (1 y 2) fue mayor al peso los ostiones recolectados en el banco 3 (Fig. 3c).

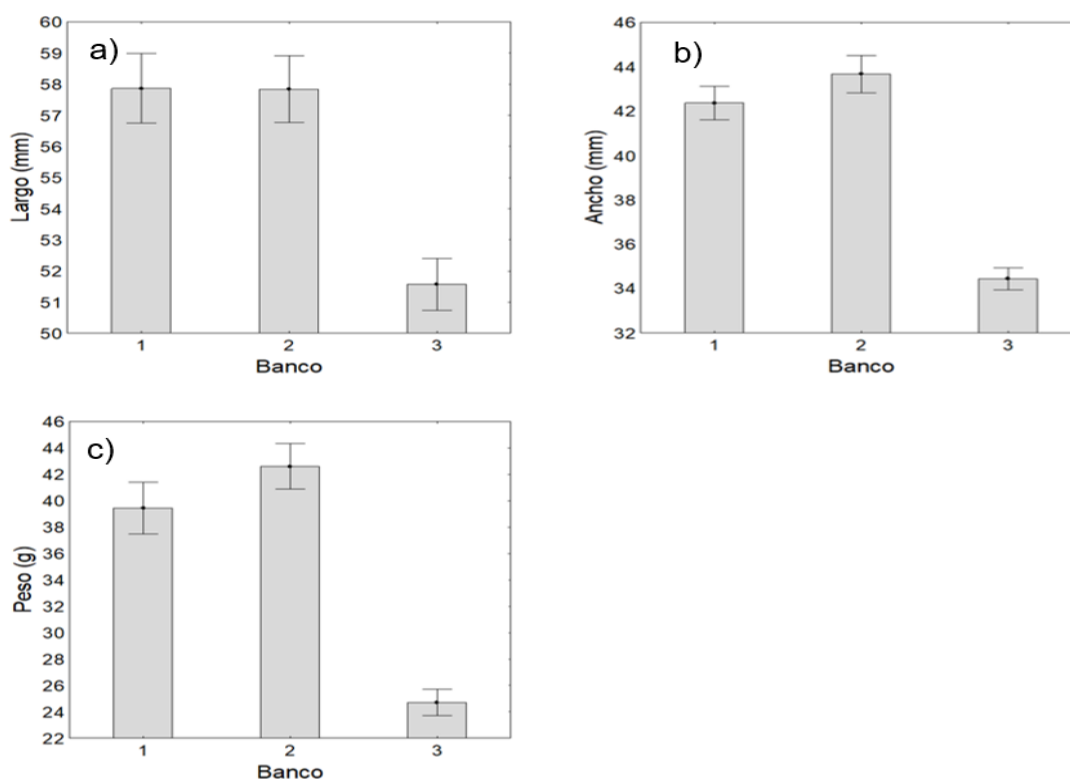


Figura 8. Análisis de varianza de los parámetros poblaciones (largo, ancho y peso) de *C. virginica*. T1= Banco 1, T2= Banco 2 y T3= Banco 3.

6.3.2 Diferencias en las frecuencias de las etapas de reproducción. En el número de reclutas de los ostiones recolectados en cada banco no se registró diferencia estadística significativa ($P=0.05$; Fig. 5a).

La prueba de Kruskal- Wallis para juveniles mostró diferencia estadística significativa ($p<0.05$), sin embargo, el número promedio de juveniles de los ostiones, en el banco 1 y en el banco 2 no hubo diferencia estadística significativa en la cantidad de juveniles recolectados ($P=0.115$) en contraste con el banco 3 ($P=0.001$). En ambos bancos el número promedio de juveniles fue menor a los registrados en el banco 3 (Fig. 5b).

La prueba de Kruskal- Wallis para adultos registró diferencia estadística significativa ($p<0.05$). En el número promedio de adultos de los ostiones, en el banco 1 ($P=0.251$), banco 2 ($P=0.251$) y en el banco 3 ($P=0.251$) no hubo diferencia estadística significativa en la cantidad de adultos recolectados. El número promedio de adultos fue mayor registrado en el banco 1 que el banco 2 y 3 (Fig. 5c).

La prueba de Kruskal- Wallis para adultos con más de una reproducción registró diferencia estadística significativa ($p < 0.05$). En el número promedio de adultos con más de una reproducción, en el banco 1 y banco 2 no hubo diferencias significativas ($P = 0.131$) en contraste con el banco 3 ($P = 0.011$). En ambos bancos el número promedio de adultos con más de una reproducción fue mayor a los registrados en el banco 3 (Fig. 5d).

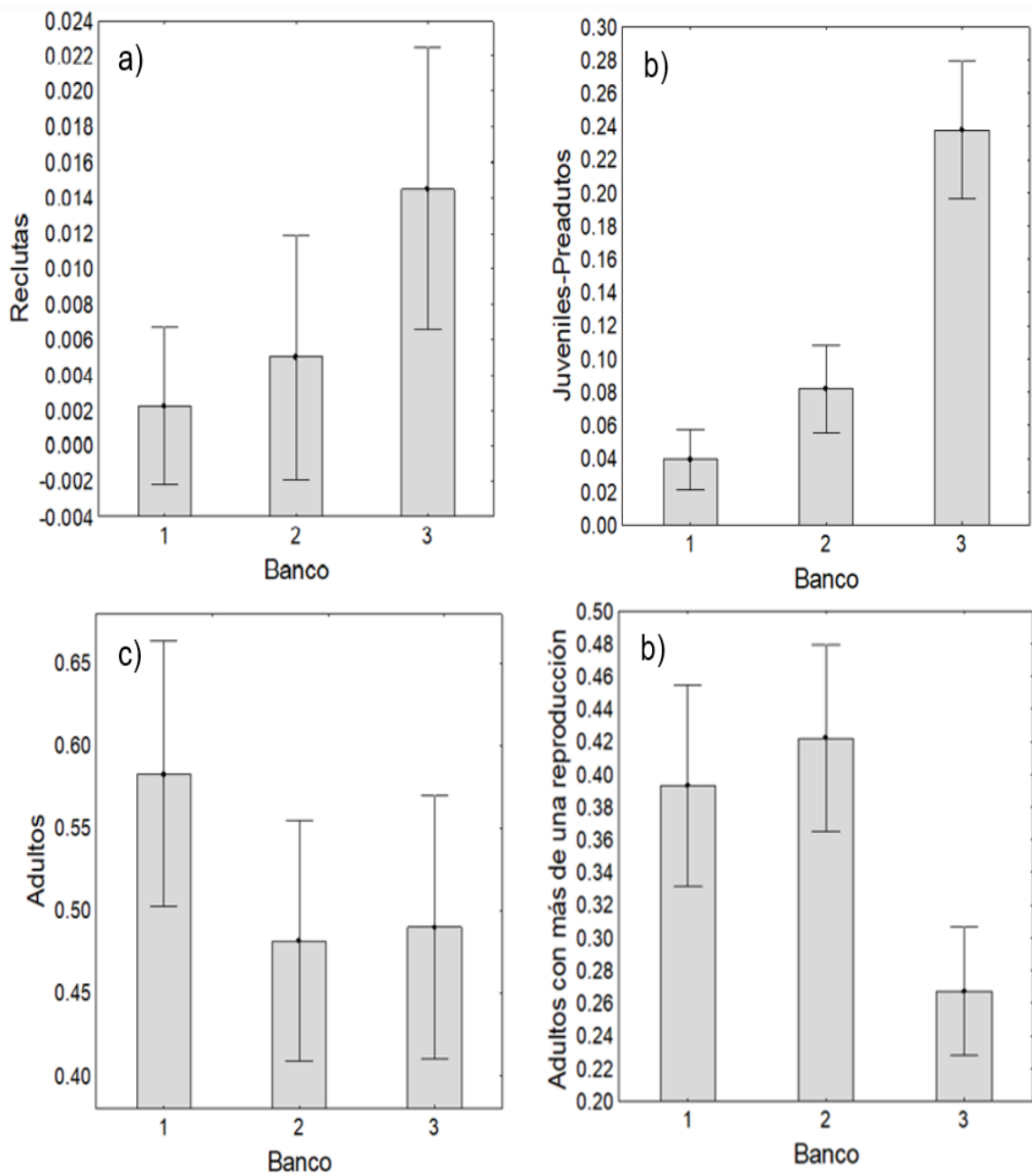


Figura 9. Análisis de varianza de los parámetros poblaciones (recluta, joven-preadulto, adulto, adultos con más de una reproducción) de *C. virginica*. T1=Banco 1, T2= Banco 2 y T3= Banco 3.

6.3.3 Abundancia absoluta. De enero a abril, el número de ostras por metro cuadrado (N/m^2) fue mayor en los tres bancos. No obstante, en el banco 2 y 3 se registró el número mayor de kilogramos por metro cuadrado (kg/m^2) (Tabla 1).

Tabla 1. Valores medios mensuales de longitud (mm), abundancia media (número de ostras/m² y kg/m²) y media total $\pm$ error estándar de la población de *C. virginica* por banco.

Periodo del 2022	Banco	1	Banco 2	Banco 3	Media total	Error Estándar
Ene	Tamaño medio (mm)	55.6	55.1	50.5	57.3	2.8
	<i>Ostión</i> / m ²	3	3	17	7.6	8.08
	Kg / m ²	0.047	0.044	0.024	0.038	0.01
Feb	Tamaño medio (mm)	55.3	55.6	52.9	54.6	1.47
	<i>Ostión</i> / m ²	3	2	5	3.3	1.52
	Kg / m ²	0.040	0.047	0.032	0.039	0.007
Mar	Tamaño medio (mm)	57.4	57.0	54.7	56.3	1.45
	<i>Ostión</i> / m ²	2	3	6	3.6	2.08
	Kg / m ²	0.035	0.035	0.027	0.032	0.004
Abr	Tamaño medio (mm)	55.4	56.1	57.0	56.1	0.80
	<i>Ostión</i> / m ²	2	3	4	3.0	1
	Kg / m ²	0.030	0.040	0.028	0.032	0.006
May	Tamaño medio (mm)	57.8	55.9	50.5	54.7	3.7
	<i>Ostión</i> / m ²	1	2	3	4.6	1
	Kg / m ²	0.037	0.049	0.020	0.035	0.014
Jun	Tamaño medio (mm)	59.2	57.9	54.7	57.2	2.3
	<i>Ostión</i> / m ²	1	2	3	2.0	1
	Kg / m ²	0.043	0.040	0.027	0.036	0.008
Jul	Tamaño medio (mm)	56.6	61.2	52.9	56.9	4.1
	<i>Ostión</i> / m ²	1	1	3	1.6	1.4
	Kg / m ²	0.036	0.043	0.023	0.034	0.01
Ago	Tamaño medio (mm)	55.1	60.2	46.5	53.9	6.9

	<i>Ostión</i> / m ²	1	2	3	2.0	1
	Kg / m ²	0.037	0.048	0.020	0.035	0.01
	Tamaño medio (mm)	52.7	54.8	48.8	52.1	3.0
	<i>Ostión</i> / m ²	1	1	2	1.3	0.5
Sep	Kg / m ²	0.038	0.041	0.019	0.033	0.01
	Tamaño medio (mm)	68.8	64.8	53.3	62.3	8.0
	<i>Ostión</i> / m ²	1	1	2	1.3	0.5
Oct	Kg / m ²	0.022	0.049	0.021	0.031	0.01
	Tamaño medio (mm)	60.2	57.1	40.0	52.4	10.0
	<i>Ostión</i> / m ²	1	1	2	1.3	0.5
Nov	Kg / m ²	0.011	0.038	0.011	0.052	0.01
	Tamaño medio (mm)	66.2	63.3	39.4	56.3	14.7
	<i>Ostión</i> / m ²	1	1	2	1.3	0.5
Dic	Kg / m ²	0.011	0.054	0.011	0.025	0.02

6.3.4 Biomasa absoluta por etapa reproductiva y total. En cuanto a la productividad, para organismos adultos, el banco 1 y 3 registraron más biomasa que el banco 2. El banco 3 registro más biomasa para organismos adultos con más de una reproducción. La productividad en organismos en etapa de recluta registró valores menores a 1t para los tres bancos. De igual manera, para jóvenes pre-adultos se registraron valores menores a 1t para el banco 1 y 2. En contraste, el banco 3 produjo mayor productividad (Tabla 2). La biomasa con talla de captura comercial (≥ 60 mm) fue más del 40% para los tres bancos

Tabla 2. Biomasa (t) anual estimada de *C. virginica* en el Río Tigre, desembocadura y laguna de San Andrés.

Variables	Banco 1	Banco 2	Banco 3
Reclutas (0-20 mm)	0.015	0.005	0.042
Jovenes- Preadultos (20-40 mm)	0.437	0.665	2.2
Adultos (40-60 mm)	10.7	8.6	14.6
Adultos con más de una reproducción (≥ 60 mm)	11.3	11.9	14.5
Biomasa total	22.45	21.17	31.34

7. DISCUSIÓN.

El objetivo de la presente investigación fue determinar la estructura poblacional del ostión americano *C. virginica* en el centro Estado de Tamaulipas, México.

La talla promedio de los ejemplares de la población capturada de la Laguna de San Andrés fue menor estadísticamente a la estimada en el Río Tigre y en su desembocadura. Por otro lado, se corroboró que las tallas más representativas fueron similares para todos los sitios. Este resultado es similar al reportado por Vera (2012) quien registró tallas de 45-53 mm y 53-60 mm como las más representativas. Así mismo, con lo reportado por Vidal-Briseño *et al.* (2015) quienes reportaron tallas de 52-56 mm y 56-60 mm.

Con respecto a la relación entre el peso total (PT) y longitud total (Lt) de los organismos, los resultados del presente trabajo señalan que los organismos de los tres bancos presentaron una relación alométrica negativa al registrar valores de la pendiente «b» significativamente menores a 3 (Banco 1 $b = 2.179$; Banco 2 $b = 2.110$ y Banco 3 $b = 2.458$). Estos valores son menores a los reportados por Fuentes (2012), quien calculó un valor $b = 2.62$ para *C. virginica* de julio a diciembre en el 2010 en la Laguna de Tampamachoco, Veracruz, sin embargo, fueron mayores a los reportados por Vidal-Briseño *et al.* (2015), quienes reportaron organismos de la laguna Tamiahua con un valor de $b = 1.18$ y organismos de la Laguna de Tampamachoco con un valor de $b = 1.26$. Lo anterior, demuestra que la talla obtuvo mayor incremento en proporción que el peso (Fuentes *et al.*, 2012). Esta relación es requerida en los análisis pesqueros para estimar y determinar el tamaño de la población de una especie, ya que la tasa de incremento en peso y talla refleja la influencia de los factores ecológicos en un hábitat y en los organismos que lo habitan (Vásquez *et al.*, 2015; García-Delgado y Leones-Zambrano, 2016).

Por otro lado, los organismos con mayores tallas (largo y ancho) y pesos se registraron en el Río Tigre y en su desembocadura. Esto puede deberse al tipo de hábitat y las características hidrológicas. Al respecto, Betanzos-Vega *et al.* (2016) reportaron al ostión americano y al ostión de mangle con mayor talla de crecimiento en las zonas interiores del Río Cuyaguateje y Cauto, en contraste con la desembocadura y zona costera. En este estudio la salinidad fue un factor determinante, ya que se registraron valores mayores de salinidad en el hábitat del ostión de mangle (30.20-39.05 ups), en comparación con el hábitat del ostión americano (15.42-34.01

ups), lo que es coincidente con otros estudios donde sitúan al ostión *C. virginica* en aguas salobres (Castillo-Rodríguez y García-Cubas, 1984; Lodeiros y Freites, 2008).

En los tres bancos la población estuvo mayormente representada por adultos y adultos con más de una reproducción. El número menor de ostiones en etapa de recluta puede ser atribuido principalmente a que en el Estado de Tamaulipas no hay una norma oficial que establezca una talla mínima permitida de extracción del ostión. En este sentido, si se aplicara la norma NOM-015- SAG/PESC-1994 tal como se lleva a cabo en el Estado de Tabasco, solo el 17.29 % de la población de ostiones del Río tigre, 14.75 % de la población de ostiones de la desembocadura del Río Tigre y el 10.17 % de la población de ostiones de la laguna de San Andrés estaría permitida para su extracción.

Adicional a lo anterior, durante el año, en el presente estudio, se registró en todas las zonas evaluadas una densidad por debajo de los 200 ostiones/m², esto indica que los bancos carecen de la abundancia mínima aceptable en una población natural para garantizar una pesquería sustentable de *C. virginica* (Palacios-Fest *et al.*, 1988). Como antecedente de lo observado anteriormente, a principios de 1980 Solano (1995) registro 394 ostiones/m² en la Laguna Mecoacán del estado de Tabasco, México. Años más tarde, en el 2007, en el mismo lugar, Garrido *et al.* (2007) reportaron una disminución del 64% de la producción del ostión americano. La disminución se debió a una gestión deficiente de la pesquería por no aplicar criterios de manejo sustentable (FAO, 1997) más que a problemas bio-ecológicos.

Por otro lado, la biomasa total de *C. virginica* en el Río Tigre, desembocadura del Río Tigre y laguna de San Andrés estuvo en concordancia con la disminución anual en la abundancia total de ostras/m², observando abundancia muy por debajo de < 200 ostras/m², y la biomasa con talla de captura comercial para los tres bancos de ≥ 60 mm. De acuerdo con Palacios-Fest *et al.* (1988), una condición adicional para lograr una captura sostenible es que la pesquería se realice en los bancos naturales con más de 200 ostras/m² y que estos muestren más del 40 % de ostras con una talla ≥ 60 mm.

En los tres bancos las mayores colectas se registraron de enero a abril. En este periodo, en el área de estudio por la ocurrencia de frentes fríos, tormentas y altas precipitaciones se reducen la población de organismos depredadores (Palma, 2008), esto puede estar permitiendo que los ostiones alcancen a vivir más tiempo. Lo anterior mencionado coincide con lo reportado por

Cordero (2000), donde observó que en el periodo de febrero-abril existe una mayor producción en la Laguna de Tamiahua, Veracruz. Mientras que, Vidal Briceño *et al.* (2015) reporta el número mayor de ejemplares en los meses febrero y marzo en la Laguna de Tampamachoco, Veracruz.

Por otro lado, la escasez de la talla permitida para su extracción en los bancos del Río Tigre y desembocadura es posible que se deba a la contaminación generada por las constantes descargas de aguas residuales por parte de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado, ya que ambos bancos se localizan cerca al ejido “Las Flores” y “Morón”, donde es conocido el impacto de la urbanización en los estuarios afectando la calidad del agua, con efectos subsiguientes de estos cambios ambientales en la vida silvestre marina (Paerl, 2014; Lemley *et al.*, 2018). Otra causa probable puede ser la sobreexplotación del ostión en esta zona, ya que en Tamaulipas se ha disminuido la producción pesquera ostrícola (FAO, 2018) debido a la sobreexplotación (CONANP, 2015). Otra posible causa es que en el ejido Morón y las Flores se encuentra el comercio restaurantero donde se consume el ostión por los turistas, lo que implica una fuerte demanda de este recurso. Lo antes mencionado no afecta a la población del banco localizado en la Laguna San Andrés, ya que este está fuera del alcance de los pescadores.

Escasos estudios se han realizado en el Río Tigre y laguna de San Andrés en cuanto al impacto en los ostiones por contaminantes persistentes como son los metales pesados. Uno de estos estudios es el reportado por Goldaracena- Islas (2007), donde se demostró la bioacumulación de cobre y níquel en *C. virginica* en la laguna de San Andrés. Por otro lado, Vázquez-Sauceda (2005) encontró una concentración de metales pesados (cobre, cadmio, fierro, manganeso, plomo, níquel, y zinc) en agua, sedimentos y en el tejido en la laguna de San Andrés y en la desembocadura del Río Tigre. Esto sugiere que una de las posibles fuentes de entrada de estos metales hacia la laguna es a través de este río. Debido a esto, es pertinente realizar estudios de contaminación en los sitios muestreados en sedimentos, agua y organismos. Aunado a lo anterior, en Aldama Tamaulipas la producción agrícola, acuícola y ganadera se lleva a cabo de manera intensiva, donde el uso de plaguicidas es recurrente. Así mismo, la ubicación de un puerto industrial situado a 20 kilómetros al sur del Río Tigre y laguna de San Andrés podría ser un impacto significativo en la macrofauna de los cuerpos de agua del sur de Tamaulipas.

8. CONCLUSIÓN

La información que se presenta en este estudio aporta por primera vez información sobre la estructura poblacional de *C. virginica* en el Río Tigre y laguna de San Andrés, Aldama Tamaulipas, especie de gran importancia en la pesquería y economía de esta región, no obstante, la falta de normas regulatorias como la NOM-015-SAG/PESC-1994 para extracción y manejo sustentable de este recurso ha sido imposible conocer el estatus actual. El estado de su población se desconocía hasta ahora, por lo que los resultados demuestran que el ostión americano *C. virginica* se encuentra en un estado de sobreexplotación, ya que se encuentra en una densidad por debajo de los 200 ostiones por m² para considerarse una pesquería sustentable. Del mismo modo, los resultados muestran un manejo inadecuado del recurso al observar que en los tres bancos la mayor parte de la población ostiones capturada se encuentra por debajo de la talla permitida para su extracción.

La relación longitud-peso demostró un crecimiento alométrico negativo para los tres bancos al registrar valores de la pendiente «b» significativamente menores a 3, lo cual indica que las especies incrementan su longitud relativa más que su peso, donde esta misma tendencia se ha reportado en *C. virginica* en los estados de Veracruz y Tabasco. Esto puede indicar un organismo con menos ganancia en carne, lo que se traduce un bajo rendimiento económico para los pescadores y la baja aceptación por el consumidor, lo que podría implicar en la búsqueda de otros sitios para la explotación de este recurso.

Con respecto a la relación talla y peso se demostró diferencias estadísticas significativas, siendo mayores los valores en los ostiones del Río Tigre en comparación con la laguna de San Andrés. Esto podría estar relacionado a la calidad de agua y características hidrológicas, no obstante, para este estudio no se realizó toma de muestras o mediciones de este tipo, por lo que se recomienda llevarse a cabo estos estudios, para observar si existe una relación entre dichas variables.

Con base en la distribución de tallas, densidad y biomasa se puede definir estudios enfocados a proponer planes de manejo o estrategias de explotación y manejo sustentable del recurso en el Río Tigre y en la laguna de San Andrés.

9. REFERENCIAS.

- Aldana-Aranda, D. A., Díaz, M. E., Reynoso, F. L., Brulé, T., Montero, J. y Cárdenas, E. B. (2014). Reproductive strategies of the eastern oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin 1791) in tropical lagoons of the Mexican Gulf of Mexico. *Journal of Shellfish Research*, 33, 145-152.
- Arias-De León, C. (2014). *La pesquería mexicana del ostión Crassostrea virginica (Gmelin, 1791) del Golfo de México: Limitantes de su desarrollo*. Tesis doctoral en ciencias en (Ecología y Pesquerías). Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, UV, México.
- Arakawa, K.Y. (1990). Commercially important species of oysters in the world. *Mar. Behav. Physiol.* 17, 1-3.
- Ascencio, L. A., Enríquez, M., Martínez, I. y Aldana, D. (2016). Efecto de la temperatura y la salinidad en el ciclo reproductor de hembras y machos de *Crassostrea virginica* (Bivalvia: Ostreidae). *Revista de Biología Tropical*, 6, 449-459.
- Baggett, L.P., Powers, S.P., Brumbaugh, R., Coen, L.D., DeAngelis, B., Greene, J., Hancock, B. y Morlock, S. (2014) *Oyster habitat restoration monitoring and assessment handbook*. Arlington, Virginia: The Nature Conservancy.
- Baqueiro, E., Aldana, D., Sevilla, L. y Rodríguez, P. (2007). Variations in the reproductive cycle of the oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791), Pueblo Viejo lagoon, Veracruz, México. *Transitional Waters Bulletin*, 2, 37-46.
- Betanzos-Vega, A., Lodeiros, C., Espinosa-Sáez, J. y Mazón-Suástegui, J.M. (2016) Identificación del ostión americano *Crassostrea virginica* (Mollusca: Bivalvia: Ostreidae) como recurso natural en las Antillas Mayores: Cuba. *Revista mexicana de biodiversidad*, 87, 1342-1347.
- Betanzos-Vega, A., Mazón-Suástegui, J.M., Puga, R., Avilés-Quevedo, M.A. y Formoso, M. (2018). Status of the American oyster *Crassostrea virginica* (Mollusca: Ostreidae) resource in Cauto river, Cuba. *Revista Bio Ciencias*, 5, 1-17.

- Beck, M.W., Brumbaugh, R.D., Airolidi, L., Carranza, A., Coen, L.D., Crawford, C., Defeo, O., Edgar, G.J., Hancock, B., Kay, M.C., Lenihan, H.S., Luckenbach, M.W., Toropova, C.L., Zhang, G. y Guo, X. (2011). Oyster Reefs at Risk and Recommendations for Conservation, Restoration, and Management. *BioScience*, 61, 107-116.
- Beniash, E., Ivanina, A., Lieb, N.S., Kurochkin, I. y Sokolova, I.M. (2010). Elevated Level of Carbon Dioxide Affects Metabolism and Shell Formation in Oysters *Crassostrea Virginica*. *Marine Ecology Progress Series*, 419, 95-108.
- Beninger, P. G. y St-Jean, S. D. (1997) The role of mucus in particle processing by suspension-feeding marine bivalves: unifying principles. *Marine Biology*, 129, 389-397.
- Berrigan, M., Candies, T., Cirino, J., Dugas, R., Dyer, C., Gray, J., Herrington, T., Keithly, W., Leard, R., Nelson, J.R. y Van Hoose, M. (1991). *The Oyster Fishery of the Gulf of Mexico, United States: A regional Management Plan*. Gulf States Marine Fisheries Commission. Mississippi: Ocean Springs.
- Bersoza-Hernández, A., Brumbaugh, R.D., Frederick, P., Grizzle, R., Luckenbach, M.W., Peterson, C.H y Angelini, C. (2018). Restaurar la ostra oriental: ¿cuánto se ha avanzado en 53 años?. *Fronteras en ecología y medio ambiente*, 16, 463 – 471
- Brumbaugh, R.D. y Coen, L.D. (2009). Contemporary approaches for small-scale oyster reef restoration to address substrate versus recruitment limitation: a review and comments relevant for the Olympia oyster, *Ostrea lurida* (Carpenter, 1864). *Journal of Shellfish Research*, 28, 147-161.
- Burge, C.A., Eakin C.M, Friedman, C.S., Froelich, B., Hershberger, P.K., Hofmann, E.E, Petes, L.E., Prager, K.C., Weil, E. y Willis, B.L. (2014). Climate Change Influences on Marine Infectious Diseases: Implications for Management and Society. *Marine Science*, 6, 249-277.
- Butler, P. A. (1953). Shell growth versus meat yield in the oyster *C. virginica*. *Proc. Natl. Shellfish. Assoc*, 44, 157-162
- Butler, P. A. (1954). Summary of our knowledge of the oyster in the Gulf of Mexico. *Fish Bull*, 89, 479–489.

- Cadima, E.L. (2003) *Fish stock assessment manual*. Rome, Italy: FAO Fisheries Technical Paper
- Capone, M., R. Grizzle, A.C. Mathieson, y Odell, J. (2008). Intertidal Oysters in Northern New England. *Northeastern Naturalist*, 15, 209-214.
- Castillo-Rodríguez, Z.G. y García-Cubas, A. (1984) Taxonomía y anatomía comparada de las ostras en las costas de México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, 13, 249-314.
- Cifuentes, R., González, J., Montoya, G., Jara, A., Ortiz, N., Piedra, P. y Habit, E. (2012) Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). *Gayana (Concepción)* 76, 86-100.
- Comeau, L.A. (2014). Spring Awakening Temperature and Survival of Sediment-Covered Eastern Oysters *Crassostrea Virginica*. *Aquaculture*, 430, 188-194.
- CONANP. (2015). Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Laguna Madre y Delta del Río Bravo. SEMARNAT. México. <https://simec.conanp.gob.mx>
- CONAPESCA-SAGARPA. (2018) Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca. Sinaloa. https://nube.conapesca.gob.mx/sites/cona/dgppe/2018/ANUARIO_2018.pdf.
- Contreras, E.F. (2010) Ecosistemas costeros mexicanos, una actualización. México; Casa abierta al tiempo
- Cook, T., Folli, M., Klinck, J., Ford, S. y Miller, J. (1998). The Relationship between Increasing Sea-Surface Temperature and the Northward Spread of *Perkinsus Marinus* (Dermo) Disease Epizootics in Oysters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 46, 587-597.
- Cordero, A.J.C. (2000) *Evaluación de la producción de ostión americano (Gmelin, 1791) durante 1995-1999 en la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México*. Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, UV, México.

- Cranford, P.J., Evans, D.A. y Shumway, S.E. (2011). Bivalve filter feeding of variability and limits the aquaculture biofilter. *En* S.E. Shumway (Eds.), *Shellfish aquaculture and the environment* (pp. 157-228). John Wiley & Sons, West Sussex.
- Cutz, V.F., D. Nictelol Couoh C., M. Memije C., G. Vargar C., y J. Rendón von Osten. 2010. Uso de ostiones (*C. virginica*) como bioindicadores de contaminación por plaguicidas organoclorados en la laguna de Términos, Campeche. *Revista Jaina*. 21 (1): 55-63
- Davis, H.C. (1958). Survival and Growth of Clam and Oyster Larvae at Different Salinities. *Biological Bulletin*, 114, 296-307.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2012) Carta Nacional Pesquera. SAGARPA. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5265390&fecha=24/08/2012#gsc.tab=0.
- Díaz- Jiménez, S.S., Brito-Manzano, N.P., Vargas-Falcón, P.M., Bernat-Rodríguez, J. (2022) Estudio poblacional del ostión *Crassostrea virginica* en la laguna de Mecoacán, Tabasco, México. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 5, 469-479.
- Dickinson, G.H., Ivanina, A.V., Matoo, O.B., Portner, H.O., Lannig, G., Bock, C., Beniash, E. y Sokolova, I.M (2012). Interactive Effects of Salinity and Elevated CO₂ Levels on Juvenile Eastern Oysters, *Crassostrea Virginica*. *The Journal of Experimental Biology*, 215, 29-43.
- Dame, R.F., Zingmark, R.G. y Haskin E. (1984) Oyster reefs as processors of estuarine materials. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 83,239–247.
- Dame, R. (2012). *Ecology of marine bivalves: an ecosystem approach*. Boca Raton, FL: CRC Marine Science Series,
- Dame, R.F. (1999). Oyster reefs as components in estuarine nutrient cycling: Incidental or controlling? *En* M. W. Luckenbach, R. Mann y JA Wesson, J.A (Eds.), *Oyster reef habitat restoration: a synopsis and synthesis of approaches* (pp. 267–280). Virginia Institute of Marine Science Press, Gloucester Point, VA
- Dame, R., Bushek, D. y Prins, T. (2001). Benthic suspension feeders as determinants of ecosystem structure and function in shallow coastal waters. *Ecol. Stud*, 151, 11-37.

- Duarte, C.M., Agustí, S., Barbier, E., Britten, G.L., Castilla, J.C., Gattuso, J.P., Fulweiler, R.W., Hughes, T.P., Knowlton, N., Lovelock, C.E., Lotze, H.K., Predragovic, M., Poloczanska, E., Roberts, C. y Worm, B. (2020). *Rebuilding marine life. Nature*, 580, 39-51.
- Fadli, N., I., Setiawan, N. y Fadhillah. (2012). Diversity of macrozoobenthos in the waters of Kuala Gigieng, Aceh Besar District. *Depik*, 1, 45- 52.
- FAO. (1997). *Enfoque precautorio para la pesca de captura y las introducciones de especies*. Roma, Italy: FAO Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable.
- FAO. (2018). FAO yearbook. Rome, Italy: Fisheries and Aquaculture Statistics.
- Filgueira, R., Fernández-Reiriz, M. J. y Labarta, U. (2009). Clearance rate of the mussel *Mytilus galloprovincialis*. I. Response to extreme chlorophyll ranges. *Ciencias Marinas*, 35, 405-417.
- Ford, S. E., Figueras, A. J. y Haskin, H. H. (1990). Influence of selective breeding, geographic origin, and disease on gametogenesis and sex ratios of oysters, *Crassostrea virginica*, exposed to the parasite *Haplosporidium nelsoni* (MSX). *Aquaculture*, 88, 285-301
- Freedman, D. y Diaconis, P. (1981a) On the histogram as a density estimator: L theory, *Zeitschrift fur Wahrscheinlichkeitstheorie und verwandte Gebiete* 57, 453-476.
- Freedman, D. y Diaconis, P. (1981b) On the maximum deviation between the histogram and the underlying density. *Zeitschrift fur Wahrscheinlichkeitstheorie und verwandte Gebiete*, 58, 139-167.
- Fuentes, P.I. (2012) *Estudio poblacional del ostión americano Crassostrea virginica durante los meses Julio-Diciembre 2010 en la Laguna de Tampamachoco*. Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuaria, UV, México.
- Galtsoff, P.S. (1964). *The American oyster Crassostrea virginica*. USA: U. S. Fishery Bulletin of the Fish and Wildlife Service.
- Galtsoff, P.S. (1964). Morphology and structure of shell, the American oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin). *Fishery Bulletin, U.S. Fisheries Wildlife Service*, 16–31.

- García-Delgado, A.P. y Leones-Zambrano J.L. (2016). *Crecimiento y mortalidad del ostión de roca Striostrea prismatica (Gray, 1825) en dos poblaciones en la costa de Manabí*. Tesis de ingeniería (Acuicultura y pesquerías), Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.
- Garrido, M.A., Sánchez, M.A. y Félix, F.J. (2007) Descripción de la pesquería del Ostión del Golfo *Crassostrea virginica* en la Laguna Mecoacán del Estado de Tabasco, México. *Kuxulkab'*, 13, 5-10
- George-Zamora, A.G. y Aranda-Aldana, D.A. (2000). Producción somática de dos especies de *Crassostrea virginica* e *Ischadium recurvum* (Bivalvia) en Mecoacán, Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical*, 48, 65-75.
- Grizzle, R.E., Adams J.R. y Walters L.J. (2002). Historical changes in intertidal oyster (*Crassostrea virginica*) reefs in a Florida lagoon potentially related to boating activities. *Journal of Shellfish Research*, 21, 749-756.
- Goldaracena- Islas, C.G. (2007) *Metales pesados en organismos acuáticos en dos lagunas costeras del sur de Tamaulipas y norte de Veracruz*. Tesis de Maestría en Ciencias (Tecnología Avanzada). Centro de Investigación en Ciencias Aplicadas y Tecnología Avanzada, IPN, Altamira.
- Goldberg, E. D. (1975). The mussel watch. A first step in global marine monitoring. *Marine Pollution Bulletin*, 6, 111.
- Goldberg, E. D., Bowen, V. T., Farrington, J. W. y Harvey, G (1978). The mussel watch. *Environmental Conservation*, 5, 101-125.
- Gosling, E. (2003) Bivalve molluscs. Biology, ecology and culture. Oxford, UK: Blackwell,
- Gosling, E., (2008). Bivalve Molluscs: Biology, Ecology and Culture. New Jersey, USA: Wiley & Sons
- Guo, X., Hedgecock, D., Hershberger, W. K., Cooper, K. y Jr, S. K. A. (1998). Genetic determinants of protandric sex in the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* Thunberg. *Evolution*, 52, 394-402.

- Harvell, C. D., Mitchell, C. E., Ward, J. R., Altizer, S., Dobson, A. P., Ostfeld, R. S. y Samuel, M. D. (2002). Climate Warming and Disease Risks for Terrestrial and Marine Biota. *Science*, 296, 2158-2162.
- Huan, P., Liu, G., Wang, H. y Liu, B. (2013). Identification of a tyrosinase gene potentially involved in early larval shell biogenesis of the pacific oyster *Crassostrea gigas*. *Development Genes and Evolution*, 223, 389-394.
- Ibáñez A, B Fernández (2006) *Manual Técnico de crecimiento relativo y análisis morfométrico*. Impresiones y diseños UAM-I: México, DF.
- INEGI. (2011). Censo de población y vivienda (2010) Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/?ps=herramientas>; Recuperado 26 enero, 2023
- INAPESCA. (2018). INFORME DE AUTOEVALUACIÓN SEGUNDO TRIMESTRE (2018) Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Disponible en: <https://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/transparencia/planes-programas-informes/>; Recuperado 02 febrero, 2023
- Islam, M.S y Tanaka, Masaru. (2004). Impact of pollution on coastal and marine ecosystem including coastal and marine fisheries and approach for management: a review and synthesis. *Mar. Poll. Bull*, 48, 624-649
- Imai, T. y Sakai, S. (1961). Study of breeding of Japanese oyster *Crassostrea gigas*. *Tohoku Journal of Agriculture Research*, 12, 125–171.
- Jackson, S. E., Douglas, M. M., Kennard, M. J., Pusey, B. J., Huddleston, J., Harney, B., Liddy, L., Liddy, M., Liddy, R., Sullivan, L., Huddleston, B., Banderson, M., McMahon, A. y Allsop, Q. (2014). “We like to listen to stories about fish”: Integrating indigenous ecological and scientific knowledge to inform environmental flow assessments. *Ecology and Society*, 19.
- Kennedy, V.S. (1996). Biology of larvae and spat. En V.S. Kennedy, R.I.E. Newell y A.F. Eble (Eds), *The Eastern Oyster Crassostrea virginica* (pp. 371-421). Maryland Sea Grant College press, Maryland, USA.

- Kennedy, V.S. (2018). *Shifting Baselines in the Chesapeake Bay: An Environmental History*. Baltimore, Maryland: Johns Hopkins University Press.
- Lango-Reynoso, F., Castañeda-Chávez, M. R., Landeros-Sánchez, C., Galavíz-Villa, I., Navarrete-Rodríguez, G. y Soto-Estrada, A. (2013). Cd, Cu, Hg and Pb, and organochlorine pesticides in commercially important benthic organisms from coastal lagoons along the SW Gulf of Mexico. *Agricultural Science*, 1, 63-80.
- Lemley, D.A., Adams, J.B. y Strydom, N.A. (2018). Triggers of phytoplankton bloom dynamics in permanently eutrophic waters of a South African estuary. *African Journal of Aquatic Science*, 43, 229-240.
- Lipcius, R. N., Eggleston, D. B., Schreiber, S. J., Seitz, R. D., Shen, J., Sisson, M., Stockhausen, W. T. y Wang, H. V. (2008). Importance of metapopulation connectivity to restocking and restoration of marine species. *Reviews in Fisheries Science*, 16, 101–110
- Lodeiros, C. y Freitas, L. (2008) Estado actual y perspectivas del cultivo de moluscos bivalvos en Venezuela. En A. Lovatelli, A. Farias, I Uriart (Eds.), *Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina*. (pp. 135–150). FAO Actas de Pesca y Acuicultura. Roma, Italia.
- Loosanoff, V. L. y Davis, H. C. (1952). Temperature requirements for maturation of gonads of northern oysters. *The Biological Bulletin*, 103, 80-96.
- Loosanoff, V. L. (1953). Behavior of oysters in water of low salinities. In *Proc. Natl. Shellfish. Assoc*, 43, 135-151.
- Lowe, M. R., Sehlinger, T., Soniat, T. M. y La Peyre, M. K. (2017). Interactive effects of water temperature and salinity on growth and mortality of eastern oysters, *Crassostrea virginica*: a meta-analysis using 40 years of monitoring data. *Journal of Shellfish Research*, 36, 683-697.
- Ludi, P.A. (2011). Review: Spawning Induction in Bivalve. *Journal Penelitian Sains*, 14, 33-36.

- Magaña-Carrasco, A., Brito-Manzano, N., Gómez-Vázquez, A. y Cruz Hernández, A. (2018). Effects of temperature and salinity on inducing spawning in the eastern oyster (*Crassostrea virginica*) under laboratory conditions. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 5, 239-246.
- Markert, A., Esser, W., Frank, D., Wehrmann, A., & Exo, K. M. (2013). Habitat change by the formation of alien *Crassostrea*-reefs in the Wadden Sea and its role as feeding sites for waterbirds. *Estuarine, Coastal, and Shelf Science*, 131, 41-51
- Marshall, D. A., Coxe, N. C., La Peyre, M. K., Walton, W. C., Rikard, F. S., Pollack, J. B. y La Peyre, J. F. (2021). Tolerance of northern Gulf of Mexico eastern oysters to chronic warming at extreme salinities. *Journal of Thermal Biology*, 100, 103072
- Cruz, J. C. M., Brito-Manzano, N. P., Vargas-Falcón, P. M. y García, M. A. P. (2021) Aspectos de la dinámica poblacional del ostión *Crassostrea virginica* en tres lagunas costeras de Tabasco, México. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4 ,6003-6011.
- Meyer, D.L. (1994). Habitat partitioning between the xanthid crabs *Panopeus herbstii* and *Eurypanopeus depressus* on intertidal Oyster Reefs (*Crassostrea virginica*) in Southeastern North Carolina. *Estuaries*, 17, 674-679.
- Meyer, D.L. y Townsend, E.D. (2000). Faunal utilization of created intertidal Eastern oyster (*Crassostrea virginica*) reefs in the southeastern United States. *Estuaries* 23, 34-45.
- Miller, A. W., Reynolds, A. C., Sobrino, C. y Riedel, G. F. (2009). Shellfish Face Uncertain Future in High CO₂ World: Influence of Acidification on Oyster Larvae Calcification and Growth in Estuaries. *PLoS One*, 4, e5661.
- Nash, S. y Rahman, M. S. (2019). Short-term heat stress impairs testicular functions in the American oyster, *Crassostrea virginica*: Molecular mechanisms and induction of oxidative stress and apoptosis in spermatogenic cells. *Molecular reproduction and development*, 86, 1444-1458
- Nielsen, S. A. y Nathan. A. (1975). Heavy metal levels in New Zealand molluscs. *New Zealand Journal of Marine Freshwater Research*, 9,467-481

- Newell, R.I. y Langdon, C.J. (1996). Mechanisms and physiology of larval and adult feeding. En V.S. Kennedy, R.I. Newell & A.F. Eble (Eds.), *The Eastern oyster Crassostrea virginica* (pp .185–229). Maryland, Sea Grant, College Park.
- Newell, R.I.E. (2004). Ecosystem influences of natural and cultivated populations of suspension-feeding bivalve molluscs: a review. *J. Shellfish Res.* 23, 51-61.
- Nieves-Soto, M., Enriquez-Ocaña, F., Piña-Valdez, P., Maeda-Martínez, A. N., Almodóvar-Cebreros, J. R. y Acosta-Salmón, H. (2011). Is the mangrove cockle *Anadara tuberculosa* a candidate for effluent bioremediation? Energy budgets under combined conditions of temperature and salinity. *Aquaculture*, 318, 434-438.
- Nybakken, J.W. (1992). Marine biology, an ecological approach. Jakarta, Indonesia: Gramedia.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-015-PESC-1994, Para regular la extracción de las existencias naturales de ostión en los sistemas lagunarios estuarinos del Estado de Tabasco; https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/311368/NOM_015_PESC.pdf; Recuperado 14 enero, 2023
- Odum, E. P. y Barrett G.W. (1971). Fundamentals of ecology. Philadelphia, USA: Saunders
- Paerl, H.W. (2014) Mitigating harmful cyanobacterial blooms in a human and climatically impacted world. *Life*, 4, 988-1012.
- Páez, F., Osuna, J. I., Izaguirre, G y Zazueta-Padilla, H. M. (1993). Heavy metals in clams from a subtropical coastal lagoon associated with an agricultural drainage basin. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 50, 915-921.
- Páez-Osuna F y Osuna-Martínez, C. (2011). Biomonitores de la contaminación costera con referencia a las costas mexicanas: una revisión sobre los organismos utilizados. *Hidrobiológica*, 21, 229-238.
- Palacios-Fest, M.R., Mazón-Suástegui, J.M., García-Sandoval, S., Diego-Peralta, M., Estrada-Ortega, J.C., Altamirano-Saucedo, A.A. y Pérez-Flores, J. (1988). Manual técnico para

- la operación de los centros ostrícolas productores de ostión. Secretaría de Pesca: México, D.F.
- Palma, D.J. (2008) *Estructura de la población comercial del ostión americano Crassostrea virginica (1791) en la laguna el Ostión Coatzacoalcos, Veracruz, durante un periodo intensivo de Abril a Agosto del 2008*. Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Biología, UV, México.
- Peterson, C.H., Grabowski, J.H. y Powers S.P. (2003) Estimated enhancement of fish production resulting from restoring oyster reef habitat: Quantitative valuation. *Marine Ecology Progress Series*, 264, 249– 264.
- Phillips, D. J. H. (1979). The rock oyster *Saccostrea conglomerate* as an indicator of trace metals in Hong Kong. *Marine Biology*, 53, 353-360.
- Porter, E.T., Cornwell, J.C., Sanford, L.P. y Newell, R.I.E. (2004). Effect of oysters *Crassostrea virginica* and bottom shear velocity on benthic-pelagic coupling and estuarine water quality. *Mar. Ecol. Prog. Ser*, 271, 61-75.
- Quast, W. D., Johns, M. A., Pitts Jr, D. E., Matlock, G. C. y Clark, J. E. (1988). *Texas oyster fishery management plan. Fishery Management Plan Series No. 1. Coastal Fisheries Branch*. Austin, Texas: Texas Parks and Wildlife Department
- Quayle, D.B. (1988). Pacific oyster culture in British Columbia. *Can. Bull. Fish. Aquatic Sci*, 218,1-241.
- Richard, F.D., John, D.S. y Richard, G.Z. (1992) In situ metabolism of an oyster reef. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 164, 147–159
- Riisgård, H. U. y Larsen, P. S. (2010). Particle capture mechanisms in suspension-feeding invertebrates. *Marine Ecology Progress Series*, 418, 255-293.
- Rodríguez-De La Cruz, M.C. (1988) *Los recursos pesqueros de México y sus pesquerías*. México, D.F: Secretaría de Pesca
- Rogers, P. y García-Cubas, A. (1981). Evolución gonádica a nivel histológico del ostión *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791) del sistema fluvio lagunar Atasta-Pom, Laguna de

- Términos, Campeche, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México* , 1, 1-20).
- Rothschild, B. J., Ault, J. S., Gouilletquer, P. y Heral, M. (1994). Decline of the Chesapeake Bay Oyster Population: A Century of Habitat Destruction and Overfishing. *Marine Ecology Progress Series*, 111, 29-39.
- Ruesink, J.L., Lenihan, H.S., Trimble, A.C., Heiman, K.W., Micheli, F., Byers, J.E. y Kay, M.C. (2005). Introduction of non-native oysters: ecosystem effects and restoration implications. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst*, 36, 643-689.
- SAGARPA-CONAPESCA. (2012). Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA). Disponible en: http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/anuario_2012; Recuperado 11 febrero, 2023
- Sarà, G. (2006). Hydrodynamic effect on the origin and quality of organic matter for bivalves: an isotopic, biochemical and transplant integrated study. *Mar Ecol Prog Ser*, 328, 65-73
- Sarà, G., Romano., C, Widdows, J. y Staff, F.J. (2008). Effect of salinity and temperature on feeding physiology and scope for growth of an invasive species (*Brachidontes pharaonic*-MOLLUSCA: BIVALVIA) within the Mediterranean Sea. *J Exp Mar Biol Ecol*, 363, 130–136
- Sevilla, M.L.E. (1993) *Las ostras de México*. México, D.F: Limusa-Noriega
- Sericano, J. L., Wade, T. L., Jackson, T. J., Brooks, J. M., Tripp, B. W., Farrington, J. W y Goldberg, E. D. (1995). Trace organic contamination in the Americas: an overview of the US National Status & Trends and the International ‘Mussel Watch’ programmes. *Marine Pollution Bulletin*, 3, 214-225
- Shumway, S. (1996). Natural environmental factors. En V.S.Kennedy, R.I. Newell y A.F. (Eds.), *The Eastern oyster Crassostrea virginica* (pp.467-513). Maryland Sea Grant. College Park, Maryland, USA.

- Shumway, S. E., Davis, C., Downey, R., Karney, R., Kraeuter, J., Parsons, J. y Wikfors, G. (2003). Shellfish aquaculture—in praise of sustainable economies and environments. *World Aquaculture*, 34, 8-10.
- Solano, F.L.A (1995) *Evaluación de la densidad poblacional de Crassostrea virginica en el sistema lagunar Carmen-Pajonal-Machona, Cárdenas, Tabasco*. Tesis de Licenciatura (Biología). División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT, Tabasco, México.
- Soria, G., Merino, G. y Von Brand, E. (2007). Effect of increasing salinity on physiological response in juvenile scallops *Argopecten purpuratus* at two rearing temperatures. *Aquaculture*, 270, 451–463
- Thompson, R.J., Newell, R.I., Kennedy V.S. y Mann. R. (1996). Reproductive processes and early development. En V.S. Kennedy, R.I. Newell y A.F. Eble (Eds.), *The Eastern Oyster Crassostrea virginica* (pp. 335-370). Maryland Sea Grant College, University of Maryland, College Park, Maryland.
- Ulanowicz, R.E. y Tuttle, J.H. (1992). The trophic consequences of oyster stock rehabilitation in Chesapeake Bay. *Estuaries*, 15, 298-306.
- Vázquez- Saucedo, M. (2005). *Contenido de metales pesados en bancos de ostión (Crassostrea virginica) en la Laguna San Andrés, Aldama, Tamaulipas*. Tesis de Maestría en (Ciencias). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootécnica, UAT, Cd Victoria.
- Vásquez, G., Crescini, R., Villalba W., Mogollón, J. y Troccoli L(2015) Aspectos biológicos básicos de *Pinctada imbricata* (Bivalvia: Pteriidae) en la laguna de La Restinga, isla de Margarita, Venezuela. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 7,117-132.
- Vera, M. J (2012). *Análisis de tallas del ostión americano Crassostrea virginica (Gmelin, 1791) en la Laguna de Tamiahua, Veracruz, durante el periodo de Julio-Diciembre 2010*. Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, UV, México.
- Velasco, L. A. y Navarro, J. M. (2003). Energetic balance of infaunal (*Mulinia edulis* King, 1831) and epifaunal (*Mytilus chilensis* Hupé, 1854) bivalves in response to wide variations

- in concentration and quality of seston. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 296, 79-92.
- Vidal-Briseño, C.I., Hernández-Herrera, R.I., Galindo-Cortés, G. y Martín-del Ángel, P. (2015) Estructura poblacional de la captura del ostión *Crassostrea virginica* en las lagunas de Tamiahua y Tampamachoco, Veracruz, México. *Hidrobiológica*, 25, 265-273.
- Wada, K.T. (1986) Genetic selection for shell traits in the Japanese pearl oyster, *Pinctada fucata martensii*. *Aquaculture* 57, 171– 176.
- Waldbusser, G. G., Voigt, E. P., Bergschneider, H., Green, M. A. y Newell, R. I. (2011). Biocalcification in the Eastern Oyster (*Crassostrea Virginica*) in Relation to LongTerm Trends in Chesapeake Bay pH. *Estuaries and Coasts*, 34, 221-231.
- Wallace, R. (2022). *Cultivating the Eastern Oyster, Crassostrea virginica*. Auburn University, Alabama, USA: Marine Extension and Research Center
- Walles, B., Mann, R., Ysebaert, T., Troost, K., Herman, P. M. y Smaal, A. C. (2015). Demography of the ecosystem engineer *Crassostrea gigas*, related to vertical reef accretion and reef persistence. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 154, 224-233.
- Ward, J. E., Levinton, J. S., Shumway, S. E. y Cucci, T. (1998). Particle sorting in bivalves: in vivo determination of the pallial organs of selection. *Marine Biology*, 131, 283-292
- Ward, J. y Shumway, S.E. (2004). Separating the grain from the chaff: particle selection in suspension- and deposit-feeding bivalves. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol*, 300, 83-130
- Wilberg, M.J., Livings, M.E., Barkman, J.S., Morris, B.T. y Robinson, J.M. (2011) Overfishing, disease, habitat loss, and potential extirpation of oysters in upper Chesapeake Bay. *Marine Ecology Progress Series*, 436, 131-144.
- Wilson, C., Scotto, L., Scarpa, J., Volety, A., Larramore, S. y Haunert, D. (2005). Survey of water quality, oyster reproduction and oyster health status in the St. Lucie Estuary. *J. Shellfish Res*, 24, 157-165.
- Zarain, H.M. y Villalobos, F.C. (2012). Manual de operación y manejo biológico del cultivo del ostión. Sinaloa, México: Centro de Ciencias de Sinaloa

Zar JH (2010) Biostatistical Analysis., New Jersey: Prentice-Hall/Pearson