

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT**  
**Área de Ciencias Biológico Agropecuarias y Pesqueras**  
**Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT



SISTEMA DE BIBLIOTECAS

**Crecimiento y calidad del ostión de placer *Crassostrea***  
***cortezensis* cultivado en Nayarit**

TESIS

Como requisito para obtener el grado de Maestra en Ciencias

PRESENTA

***Q.F.B. Mercedes Zambrano Soria***

**Tepic, Nayarit; diciembre de 2015**



CBAP/261/15.

Xalisco, Nayarit; 24 de noviembre de 2015.

**ING. ALFREDO GONZÁLEZ JÁUREGUI**  
**DIRECTOR DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR**  
**P R E S E N T E.**

Con base al oficio de fecha 17 de noviembre del presente, enviado por los CC. M.C. Carlos Alberto Romero Bañuelos, Dr. Manuel Iván Girón Pérez, Dra. Briscia Socorro Barrón Vivanco, Dr. Javier Marcial de Jesús Ruíz Velazco Arce y Dra. Delia Domínguez Ojeda, donde se indica que el trabajo de tesis cumple con lo establecido en forma y contenido, y debido a que ha cumplido con los demás requisitos que establece nuestra institución, se autoriza a la C. Mercedes Zambrano Soria, continúe con los trámites necesarios para la presentación del examen de grado de Maestría en Ciencias Biológico Agropecuarias en el Área de Ciencias Ambientales

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente  
"Por lo Nuestro a lo Universal"

Dr. J. Diego García Paredes  
Coordinador del Posgrado



C.c.p.- Expediente

Amable

## **DEDICATORIAS...**

*A mis hijas Georgina Jael y Mireyli Sofía quienes me impulsan a seguir adelante, a ellas se las dedico con todo mi amor; y a mi esposo Jorge Antonio Rivera, por estar conmigo siempre, por su paciencia y apoyo en todo este tiempo.*

## AGRADECIMIENTOS

A los miembros del Comité de Tesis, al M. en C. Carlos Alberto Romero Bañuelos, Dr. Manuel Iván Girón Pérez, Dra. Briscia Socorro Barrón Vivanco, Dra. Delia Domínguez Ojeda, Dr. Javier Marcial de Jesús Ruíz Velazco, por su apoyo y asesoría en el desarrollo y conclusión del presente estudio.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca de manutención otorgada durante el desarrollo de la Maestría.

A la Coordinación del Posgrado en Ciencias Biológicas Agropecuarias, a través del Dr. Juan Diego García Paredes, por el apoyo económico brindado para la realización del presente estudio.

Al Comité Sistema Producto Ostión del Estado de Nayarit: Lic. Paulo Barrera Rentería, Ing. Samuel Cruz Quintero, Dr. Jorge Alejandro Hernández Suzawa, Ing. Leonel Alejandro Gavilanes Santillán, por su gestión y acompañamiento para el desarrollo del presente estudio.

A las Sociedades Cooperativas: S.C.P.P.A. Ostioneros del Mar de Villa Juárez, S.C de R.L. de C.V.; S.C.P.P.G.A. Ostricamichin, S. C. de R.L. de C.V.; S.C.P.P.A. Concheros de los Campos, S.C. de R.L. de C.V, por las facilidades brindadas para el desarrollo del presente estudio en sus unidades de producción.

Al Dr. José Trinidad Nieto Navarro por su valiosa asesoría académica, Al Ing. Leonel Alejandro Gavilanes Santillán por su gestión y apoyo en el trabajo de campo y laboratorio, así también a los Sres. José Paul Pérez Ortiz, Torivio Fuentes López y Diego Martínez González por su apoyo en el trabajo de campo.

Con especial cariño a la familia Romero Ledesma, por todo su apoyo y paciencia en el desarrollo y conclusión de este proyecto.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE DE TABLAS.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Aspectos generales de la producción de ostión en México.....	1
1.2. Biología del ostión <i>Crassostrea corteziensis</i> .....	2
1.3. Factibilidad del cultivo de <i>C. corteziensis</i> .....	3
1.4. Aspectos generales del cultivo de ostión en Nayarit.....	4
1.5. El cultivo de ostión en Nayarit y su problemática.....	6
<b>2. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>3. HIPÓTESIS.....</b>	<b>8</b>
<b>4. OBJETIVOS.....</b>	<b>8</b>
4.1. Objetivo general.....	8
4.2. Objetivos específicos.....	8
<b>5. METODOLOGÍA.....</b>	<b>9</b>
5.1. Descripción del área de estudio.....	9
5.2. Diseño de muestreo.....	10
5.3. Muestreo.....	10
5.4. Análisis de muestras.....	11
5.4.1. Variables ambientales.....	11
5.4.2. Biometrias.....	11
5.5. Análisis de datos.....	12
5.5.1. Crecimiento e índice de condición.....	12
5.5.2. Calidad del ostión.....	13
5.6. Análisis estadísticos.....	14
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>15</b>
6.1. Condiciones ambientales de las zonas de cultivo.....	15
6.2. Crecimiento e índice de condición de <i>C. corteziensis</i> .....	19
6.3. Relaciones biométricas y tipo de crecimiento de <i>C. corteziensis</i> .....	25
6.4. Calidad de <i>C. corteziensis</i> : Índices y clasificación.....	27
<b>7. CONCLUSIONES.....</b>	<b>34</b>
<b>8. REFERENCIAS.....</b>	<b>35</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Taxonomía del ostión de placer <i>Crassostrea corteziensis</i> (Hertlein, 1951).....	2
Tabla 2. Tallas promedio de y tasa de crecimiento de <i>C. corteziensis</i> en cultivo.....	21
Tabla 3. Correlación entre las variables ambientales y los parámetros morfométricos de crecimiento e índice de condición de <i>C. corteziensis</i> del estero Camichin.....	24
Tabla 4. Correlación entre las variables ambientales y los parámetros morfométricos de crecimiento e índice de condición de <i>C. corteziensis</i> del estero Pozo Chino.....	24
Tabla 5. Relaciones biométricas de <i>C. corteziensis</i> en condiciones de cultivo reportadas en cuerpos de agua del noroeste de México.....	27
Tabla 6. Clasificación del ostión (litoral Pacífico) según NMX-FF-001-SCFI-2009.....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema de cultivo del ostión <i>C. corteziensis</i> en un ciclo típico en Nayarit.....	5
Figura 2. Ubicación geográfica del área de estudio.....	9
Figura 3. Dimensiones de la concha de ostión en sus ejes: máximo dorso-ventral (alto), antero-posterior (ancho) e intervalvar (espesor).....	12
Figura 4. Variabilidad temporal de las variables ambientales en los esteros Camichín y Pozo Chino. Ciclo de cultivo 2012-2014.....	18
Figura 5. Variabilidad temporal de los parámetros morfométricos e índice de condición de <i>C. corteziensis</i> en los esteros Camichín y Pozo Chino. Ciclo de cultivo 2012-2014.....	23
Figura 6. Análisis de regresión lineal entre el peso de la carne húmeda y peso de la concha seca, y descriptores propuestos para clasificar la calidad de <i>C. corteziensis</i> cultivado en Nayarit. Ciclo de cultivo 2012-2014.....	30
Figura 7. Calidad del ostión cultivado en el estero Camichín y el estero Pozo Chino.....	32
Figura 8. Valor porcentual de la calidad del ostión cultivado en el estero Camichín y el estero Pozo Chino, Nayarit. Ciclo de cultivo 2012-2014.....	33

## RESUMEN

Actualmente México se ubica entre los diez principales productores de ostión a nivel global. Dentro de las principales especies de ostión comercialmente explotadas en México se encuentra *Crassostrea corteziensis* (ostión de placer o de Cortez), el cual constituye un recurso ostrícola importante en los estados de Nayarit, Sinaloa y Sonora. Nayarit, actualmente ocupa el primer lugar en la producción de ostión en el litoral del Pacífico Mexicano, 99% de la producción de ostión de cultivo en Nayarit proviene del estero Camichín (92%) y Pozo Chino (7%). En el contexto nacional, se menciona que en Nayarit el cultivo de ostión se proyecta como estable; sin embargo, la producción y la calidad de lo producido no ha logrado entrar plenamente a mercados nacionales e internacionales. Se sugiere que factores técnicos y de organización en los diferentes eslabones de la cadena productiva pueden ser algunas limitantes. Ante esta problemática es importante evaluar aspectos básicos del cultivo, como la variabilidad de las condiciones ambientales (variables físico-químicas y disponibilidad de alimento) y parámetros biológicos del ostión (biometrías). Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar el crecimiento y la calidad del ostión *C. corteziensis* cultivado en los esteros Camichín y Pozo Chino, Nayarit. Para llevar a cabo este estudio se consideró un ciclo de cultivo (2012-2014) con una frecuencia de muestreo quincenal, donde se establecieron ocho estaciones de monitoreo (balsas) en el estero Camichín y cuatro en el estero Pozo Chino de donde se obtuvieron biometrías de 30 organismos por balsa y se registraron variables ambientales (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, clorofila-*a*, transparencia y materia particulada suspendida). Con los datos biométricos se calculó la tasa de crecimiento, el índice de condición, las relaciones biométricas y los índices de calidad. Los resultados indicaron que las variables ambientales en ambos sistemas mostraron una tendencia similar y estuvieron en el intervalo adecuado para el crecimiento de *C. corteziensis* en condiciones naturales hasta inicios del verano. No se observaron diferencias significativas en las tallas registradas entre el estero Camichín y el estero Pozo Chino, las cuales fueron similares a las reportadas en cuerpos de agua de Sonora donde se cultiva esta especie. La tasa de crecimiento fue mayor en el estero Pozo Chino que en Camichín y fueron similares a las encontradas para *C. corteziensis* cultivado en Sonora. El índice de condición para el estero Pozo Chino fue alto (>70%) en comparación al estero Camichín que obtuvo un índice de condición bajo a lo largo del estudio. Respecto al patrón de crecimiento, los resultados obtenidos para los dos esteros indican un crecimiento alométrico tanto en las relaciones talla-peso, talla-talla y peso-peso. Los resultados de calidad indican que los ostiones del estero Pozo Chino mantuvieron buena calidad en forma y en carne a lo largo del ciclo de cultivo, contrario al estero Camichín el cual solo mantuvo buena calidad en forma y en carne en los meses de mayo-julio.

## ABSTRACT

Mexico globally ranks among the top ten producers of oysters. Among the main oyster species commercially exploited in Mexico is *Crassostrea corteziensis* (pleasure oyster or Cortez oyster), due to the advantages of this species in aquaculture, oyster culture is an important resource in the states of Nayarit, Sinaloa and Sonora. Nayarit, currently ranks first in the oyster production in the Mexican Pacific coast, 99% of oyster cultivation production in Nayarit, comes from the estuary Camichín (92%) and Pozo Chino (7%). In the national context, it is mentioned that in Nayarit oyster culture is projected as stable, however the production and quality of the produce has failed to fully enter national and international markets. It is suggested that technical and organizational factors in the different links of the production chain can be some limited factors. Faced with this problem, it is important to assess basic aspects of culture, such as the variability of environmental conditions (physical-chemical and food availability variables) and biological parameters of the oyster (biometrics). The aim of this study was to evaluate the growth and quality of *C. corteziensis*, cultivated in Pozo Chino and Camichín estuaries. To carry out this study, it is considered a crop cycle. (2012-2014) with a biweekly frequency sampling where monitoring stations (rafts) were settled, eight in the Camichín estuary and four were established in Pozo Chino estuary, where were obtained biometrics of 30 organisms per raft and were registered environmental variables (temperature, salinity, dissolved oxygen, chlorophyll, transparency and suspended particulate matter). With biometric data, the rate of growth, condition index, biometric relationships and quality indices were calculated. The results indicate that environmental variables in both estuaries showed a similar trend and were in the range suitable for the growth of *C. corteziensis* under natural conditions until early summer. No significant differences were observed between the sizes of Pozo Chino y Camichín estuaries, which they were similar to those reported in the waters of Sonora where this specie is cultivated. The growth rate was higher in Pozo Chino than Camichín and they were similar to those found for the *C. corteziensis* grown in Sonora. The condition index for the estuary Pozo Chino was high (> 70%) compared to that obtained in Camichín that obtained a low condition index throughout the study. Regarding the pattern of growth the results for the two estuaries, indicate an Allometric growth both in relationships, length-weight, length-length and weight-weight. Quality results indicate that oysters of the Pozo Chino estuary, kept fit and good quality of meat along the full cycle, contrary to Camichín estuary which only indicate good quality of meat and size in the months of May to July.

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Aspectos generales de la producción de ostión en México

Los ostiones son organismos de amplia distribución (Gosling, 2003), y han constituido históricamente una de las principales industrias acuícolas alrededor del mundo (p.ej. Nell, 2001; Buestel *et al.*, 2009; Lavoie, 2009). Actualmente, México se ubica entre los diez principales productores de ostión a nivel global (Cáceres-Martínez *et al.*, 2008). Así, la explotación de ostión en nuestro país representa una de las pesquerías más importantes, no sólo de moluscos bivalvos sino de la producción pesquera en general. De acuerdo a la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca, la producción de ostión en México, en cuanto a volumen, ocupa el primer lugar en la pesquería de moluscos bivalvos, el sexto lugar en la producción pesquera nacional y el treceavo lugar en cuanto a su valor económico. Respecto a la producción acuícola, el ostión ocupa el tercer lugar, después del cultivo de camarón y mojarra (CONAPESCA, 2013).

En México, las principales especies de ostión comercialmente explotadas son las especies nativas: *Crassostrea virginica* (ostión Americano o del Este), *C. corteziensis* (ostión de placer o de Cortez) y *C. iridescens* (ostión de roca), así como la especie introducida *C. gigas* (ostión del Pacífico o Japonés) (Baqueiro-Cárdenas, 1984; MacKenzie y Wakida-Kusunoki, 1997; Maeda-Martínez, 2008). De estas especies, en 2013 la producción total de ostión en el país fue de 42,945,107 kg, de las cuales 86.17% (37,006,355 kg) correspondieron al litoral del Golfo de México y Caribe, y 13.82% (5,938,751 kg) al litoral del Pacífico mexicano. Del total de esta producción, el 90.14% (38,714,590 kg) derivó de la acuicultura, el resto (4,230,517 kg) fue de la captura de organismos silvestres (CONAPESCA, 2014).

En el Pacífico mexicano, la producción ostrícola se basa esencialmente en el ostión del Pacífico *C. gigas* y en el ostión de placer *C. corteziensis* (Maeda-Martínez, 2008; CONAPESCA, 2012). El ostión *C. corteziensis* es la única especie nativa cultivada de manera comercial en el Pacífico mexicano, la cual tradicionalmente ha sostenido la pesca artesanal y cultivo extensivo (a partir de semillas del medio natural) en las costas de Sonora, Sinaloa y Nayarit (Stuardo y Martínez, 1975; Baqueiro-Cárdenas, 1984; MacKenzie y Wakida-Kusunoki, 1997).

## 1.2. Biología del ostión *Crassostrea corteziensis*

El ostión *C. corteziensis*, es una especie que pertenece al phylum Mollusca de la clase Bivalvia y la familia ostreidae (Hertlein, 1951) (Tabla 1). Es una especie nativa de las costas del Pacífico oriental. Su distribución geografía comprende desde el Golfo de California hasta Panamá, donde se le puede encontrar en la zona intermareal de estuarios y lagunas costeras asociado a raíces del mangle y sustratos sólidos; depende esencialmente de condiciones estuarinas más o menos estables y aguas tranquilas (no expuestas al mar abierto) (Keen, 1971; Stuardo y Martínez, 1975).

Tabla 1. Taxonomía del ostión de placer *Crassostrea corteziensis* (Hertlein, 1951).

Nombre	Ostión de placer u ostión de Cortez
Phylum	Mollusca
Clase	Bivalvia
Orden y suborden	Mytiloidea
Familia	Ostreidae
Género	<i>Crassostrea</i>
Especie	<i>Corteziensis</i>

El ostión *C. corteziensis* presenta cuerpo irregular, protegido externamente por una concha de forma variable conformada por dos valvas, las cuales son alargadas con bordes irregulares redondeados. La concha es comprimida y relativamente delgada (Baqueiro, 1991). La valva inferior o izquierda es convexa por la que se fija al sustrato, frecuentemente con el umbo encorvado hacia atrás, externamente lisa o con surcos radiales tenues. La valva derecha es aplanada y más pequeña que la izquierda, ésta es lisa o con lamelas concéntricas. La concha por el exterior es de color púrpura oscuro, blanquecino, negruzco azul, verde amarillento o blanco con bandas de color púrpura. El interior es de color blanco con bordes púrpuras o verde oliva. La cicatriz del músculo aductor es grande de color púrpura, no muy cóncava dorsalmente, un poco más cercana al borde ventral que a la charnela, denticulos o dientes ausentes (Baqueiro, 1991; Leal-Sepúlveda, 2011). La masa corporal contiene al estómago que presenta un color pardo oscuro, las branquias están constituidas por cuatro

láminas filamentosas que ejercen una acción filtradora y selectora del alimento (Leal-Sepúlveda, 2011).

En esta especie se ha reportado que el ciclo de desove inicia en mayo y continua hasta noviembre, con desoves parciales a lo largo del año, aunque la mayor abundancia de larvas es en el periodo de septiembre a noviembre, a partir del cual se inicia una sucesión gradual de las demás fases: post-desove en diciembre; indiferenciación gonádica en enero; gametogénesis en febrero, y maduración durante marzo-abril (Cuevas-Guevara y Martínez-Guerrero, 1979). La madurez gonádica, y en particular el desove con la presencia consiguiente de larvas veliger (estadio que dura ~18-22 días) en el plancton, parecen seguir a la variación cíclica de la temperatura (Stuardo y Martínez, 1975). Cortés-Guzmán (1978) reportó que existen claramente dos periodos de presencia y abundancia de las larvas pediveliger de *C. corteziensis* en el plancton, los cuales comprenden de octubre a marzo y durante julio, cuando se observa las máximas temperaturas (Stuardo y Martínez, 1975; Cuevas-Guevara y Martínez-Guerrero, 1979; Chávez-Villalba et al., 2008).

En *C. corteziensis* se observa una reversión sexual de los organismos; es común que los juveniles maduren como machos y después cambien a hembras (Stuardo y Martínez, 1975), presenta altos niveles de diversidad genética y está conformada por una sola población panmictica, con un elevado flujo genético. El ostión *C. corteziensis* en el Pacífico mexicano es una especie que tiende a recuperarse favorablemente en las áreas sujetas a sobreexplotación por pesquerías o afectadas por efectos del deterioro del hábitat (Pérez-Enríquez et al., 2008).

### **1.3. Factibilidad del cultivo de *C. corteziensis***

Los moluscos bivalvos, como el ostión, son de las especies más importantes y de bajo costo en la producción acuícola, ya que se cultivan principalmente con alimento de su hábitat natural (Gosling, 2003; FAO, 2012). De esta manera, el ostión *C. corteziensis* constituye un recurso ostrícola importante en los estados de Nayarit, Sinaloa y Sonora, debido a la ventajas que tiene esta especie en la acuicultura. En algunos lugares el cultivo de ostión de placer es de manera artesanal, mediante la engorda de semilla silvestre colectada del medio natural, que al ser una especie endémica perfectamente adaptada a las condiciones naturales de las

zonas estuarinas ha resultado una buena alternativa para el sector social, ya que esta posibilidad brinda ventajas respecto a los costos de producción; además en otras zonas se ha realizado la aclimatación natural de algunas poblaciones a ambientes caracterizados por elevada temperatura y salinidad (Rodríguez-Romero *et al.*, 1988; Cáceres-Martínez y Vásquez-Yeomans, 2013).

Chávez-Villalba *et al.* (2005) mostraron la factibilidad del cultivo del ostión de placer, debido a que el potencial de esta especie mejora en ambientes de alta productividad. Los cuerpos de agua de México en su mayoría cuentan con una elevada productividad (Maeda-Martínez, 2008), por lo que *C. corteziensis* es considerada como especie con alto potencial acuícola (Pérez-Enríquez *et al.*, 2008). Además, el ostión de placer tiene una posición importante en el mercado regional y nacional debido a su sabor y su valor nutricional, cuya composición química de la porción comestible es 83.6% de humedad; 3.0% de minerales, 7.3% de proteínas, 1.7% de grasas, 4.5% de carbohidratos, 0.8% de calcio, y 0.1% de magnesio, lo cual indica el importante valor alimenticio de este molusco (Páez-Osuna *et al.*, 1991).

#### **1.4. Aspectos generales del cultivo de ostión en Nayarit**

El cultivo de ostión en Nayarit se remonta a los años 70's (García-Carmona, 2003; Haws y Rojas-Umaña, 2006). Actualmente Nayarit ocupa el primer lugar en la producción de ostión en el litoral del Pacífico mexicano y el tercer lugar en el país, después de Veracruz y Tabasco. En el 2013, la producción de ostión en Nayarit fue de 2,400,746 kg (extracción silvestre y cultivo), de las cuales 1,813,433 kg corresponden a la acuicultura y ocupó el tercer lugar de la producción pesquera en la entidad, sólo por abajo de la producción de camarón y mojarra (CONAPESCA, 2014).

En Nayarit se tienen oficialmente registradas cinco unidades de producción ostrícola (cooperativas) dedicadas al cultivo extensivo de *C. corteziensis*, en tres cuerpos de agua (esteros Boca Segada, Pozo Chino y Camichín). El 99% de la producción de ostión de cultivo en Nayarit proviene del estero Camichín (92%) y Pozo Chino (7%). En el estero Camichín, tres cooperativas, operan un total de 547 balsas distribuidas en una superficie de 300 ha. En el

estero Pozo Chino, la única cooperativa en ese sitio, opera 50 balsas distribuidas en una superficie de 10 ha (CESANAY, 2011).

El cultivo de ostión en Nayarit es de tipo artesanal y consta de dos etapas: En la primera etapa se capturan las "semillas" o larvas utilizando "sartas" de conchas (25 a 32 conchas madre por sarta) suspendidas en estructuras de madera de mangle denominados "empilotados", aquí se obtiene la semilla del medio natural. La captura de la semilla comprende de julio a septiembre. Una vez ocurrida la fijación las sartas permanecen en el mismo sitio por periodos de 2 a 4 meses, etapa que se le conoce como "pre-engorda", hasta que los ostiones alcanzan un tamaño adecuado para su traslado a la zona de engorda. En la segunda etapa, los ostiones se trasladan a las áreas de engorda; la cual se realiza en balsas, estructuras de madera de mangle y tabloncitos que flotan por medio de tambos de plástico colocadas en zonas donde la profundidad permite que durante la bajamar los moluscos en cultivo no toquen el fondo y/o flotadores de fibra de vidrio que se colocan en zonas de baja profundidad, esta etapa inicia a partir de noviembre hasta finales de marzo y principios de abril, que es cuando inicia la cosecha (Figura 1). La cosecha se realiza de acuerdo a la talla comercial requerida por el mercado. Bajo este esquema de trabajo, en condiciones adecuadas, los ostricultores realizan un ciclo de producción por año (Haws y Rojas-Umaña, 2006; Cáceres-Martínez y Vásquez-Yeomans, 2013; CESANAY, 2014).

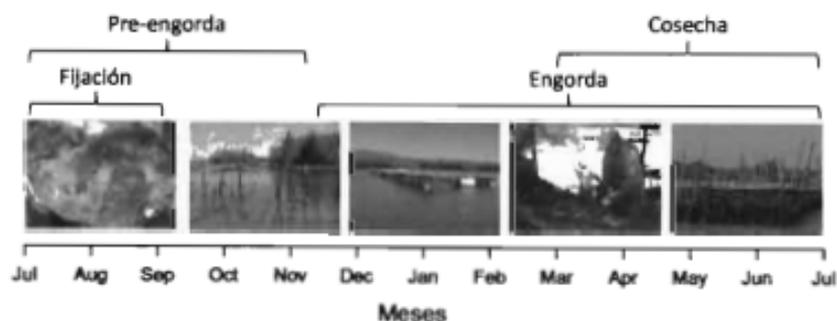


Figura 1. Esquema de cultivo del ostión *C. corteziensis* en un ciclo típico en Nayarit.

## 1.5. El cultivo de ostión en Nayarit y su problemática

En el contexto nacional, se menciona que en Nayarit el cultivo de ostión se proyecta como estable (Maeda-Martínez, 2008), consistente con datos recientes de la Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca que indican que Nayarit ocupa el primer lugar en la producción de ostión en el litoral del Pacífico mexicano y el tercer lugar en el país (CONAPESCA, 2014). Sin embargo, paradójicamente se menciona que en Nayarit el cultivo de ostión no ha presentado el repunte que se requiere, se sugiere se debe a factores técnicos y de organización, tales como la falta de infraestructura y planeación, manejo de la engorda, y monitoreo adecuado de la calidad del agua. A pesar de esta problemática, las comunidades ostrícolas de Boca de Camichín, Campo de los Limones y Villa Juárez logran abastecer los mercados locales. Sin embargo, la producción y la calidad de lo producido no ha logrado entrar plenamente a mercados nacionales e internacionales (COFUPRO, 2007). En tanto, en el contexto estatal y local, el Sistema Producto Ostión de Nayarit en su Plan Rector 2012, identificó para cada eslabón de la cadena productiva las siguientes problemáticas:

- *Eslabón Insumo Biológico:* Falta disponibilidad de la concha para la fabricación de colectores, alta mortalidad y falta de asesoría técnica y capacitación en el manejo del desove, larva y semilla, excesiva infraestructura (empilotados) para la colecta de semilla, productores con baja escala de producción.
- *Eslabón Producción:* Falta de regularización de las granjas y certificación de cuerpos de agua, no existe uniformidad del producto ofrecido (homogéneo y estandarizado), productores con baja escala de producción, falta de planeación de la siembra y cosecha, falta de ordenamiento para determinar el impacto ambiental y determinación de nuevos espacios de desarrollo.
- *Eslabón Industrialización:* Productos con reducido valor agregado, falta de infraestructura y red de frío para almacenamiento y conservación del producto, procesos industriales básicos sólo para selección y empaque (manual), falta de plantas de proceso, no se procesa industrialmente el ostión, solo se realiza la conservación por pocos días. Se requiere también el desarrollo de diversas presentaciones de producto con mayor valor añadido.

- *Eslabón Comercialización*: Alto costo de distribución, no existe diferenciación del producto (falta avanzar en el campo de la certificación de la calidad y la inocuidad), falta de difusión y promoción del consumo de ostión, insuficientes habilidades de los productores para comercializar el producto y falta de asesoría y capacitación al respecto, debido a eso actualmente no se logra satisfacer el mercado local, ni el regional interestatal más cercano.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Las estadísticas oficiales posicionan a Nayarit entre los tres primeros lugares de producción de ostión en el país y en el primer lugar en el litoral del Pacífico mexicano, además se plantea que en la entidad el cultivo de *C. corteziensis* se proyecta como estable. Paradójicamente, en el contexto estatal y local, se señala que la producción y la calidad del ostión en Nayarit no han logrado el repunte que se requiere para alcanzar nuevos mercados nacionales e internacionales. Se sugiere que factores técnicos y de organización en los diferentes eslabones de la cadena productiva pueden ser algunas limitantes. Ante esta problemática es importante evaluar aspectos básicos del cultivo, como la variabilidad de las condiciones ambientales (variables físico-químicas y disponibilidad de alimento) así como parámetros biológicos del ostión (biometrías). Lo anterior permitirá conocer el crecimiento de *C. corteziensis* y la calidad de la producción (respecto a la forma de la concha y cantidad de carne) de los estero Camichín y Pozo Chino, sistemas que contribuyen con el 99% de la producción de ostión de cultivo en Nayarit.

### 3. HIPÓTESIS

El crecimiento e índice de condición del ostión *Crassostrea corteziensis* es diferente en los esteros Camichín y Pozo Chino, diferencias que están relacionadas con las condiciones ambientales de cada estero, por lo que su vez habrá diferencias en la calidad del ostión respecto a su forma y cantidad de carne.

### 4. OBJETIVOS

#### 4.1. Objetivo general

Evaluar el crecimiento y la calidad del ostión *Crassostrea corteziensis* cultivado en los esteros Camichín y Pozo Chino, Nayarit.

#### 4.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la variabilidad temporal de las condiciones ambientales (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, clorofila-*a*, transparencia y materia particulada suspendida) de las zonas de cultivo.
- Determinar la tasa de crecimiento e índice de condición de *C. corteziensis*, así como su relación con las condiciones ambientales.
- Describir las relaciones biométricas y el tipo de crecimiento de *C. corteziensis* en condiciones de cultivo.
- Clasificar la calidad de *C. corteziensis*, con base a la implementación de índices de forma y cantidad de carne.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1. Descripción del área de estudio

El estero Camichín y Pozo Chino se localizan en la región noroccidental de México, en el municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit (Figura 2). Forman parte de la sub-provincia Delta del Río Grande de Santiago y provincia fisiográfica Llanura Costera del Pacífico (Romo y Ortiz-Pérez, 2001; INEGI, 2012), dentro del complejo de humedales denominado Marismas Nacionales (Blanco y Correa-Magallanes, 2011), la cual se considera como la región de manglares más extensa del Pacífico Americano (Calvario-Martínez et al., 2014). El clima de la región es predominantemente cálido sub-húmedo con lluvias en verano, con temperatura y precipitación promedio anual de 22.5 °C y 1,481 mm, respectivamente (INEGI, 2012).

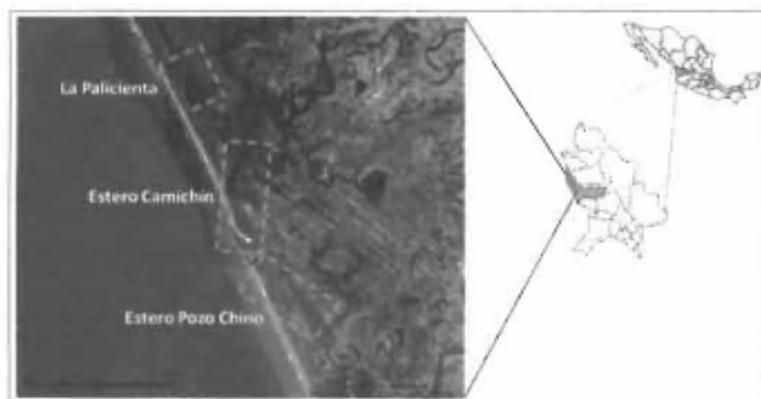


Figura 2. Ubicación geográfica del área de estudio.

El estero Camichín un sistema de 2,094.5 ha de superficie. Dentro la regionalización hidrogeomorfológica se ubica en la cuenca mareal Mexcaltitán-Camichín, limita con las lagunas, esteros y pantanos La Palicenta, cordones sumergidos San Andrés, lagunas y cañadas Mexcaltitán, deltas lacustres Campo Los Limones, deltas lacustres Toro Mocho, y desemboca al norte de la llanura litoral El Sesteo. El estero Pozo Chino se ubica en la cuenca

mareal El Sesteo, donde forma parte de un sistema mareal de cordones discordantes de 529 ha, al sureste del estero Camichín (Blanco y Correa-Magallanes, 2011).

## 5.2. Diseño de muestreo

Se consideró un ciclo de cultivo con una frecuencia de muestreo quincenal. Las estaciones de muestreo se ubicaron con base al esquema de cultivo y la dimensión de cada estero. En el periodo de pre-engorda (octubre-noviembre 2012) se establecieron cinco estaciones (empilotados) en la zona denominada "La Palicenta", en el estero Camichín, y tres en la parte baja del estero Pozo Chino; en ambos esteros, ubicadas en la zona de fijación de semilla. Para el periodo de engorda (diciembre 2012-julio 2013) se establecieron ocho estaciones (balsas) en el estero Camichín y cuatro en el estero Pozo Chino, en ambos casos se dio seguimiento a los empilotados establecidos en el periodo de pre-engorda. En el caso particular del estero Camichín el ciclo de cultivo se extendió hasta enero de 2014, en este periodo la frecuencia de muestreo fue mensual y el número de estaciones de muestreo disminuyeron gradualmente debido a la cosecha. Las estaciones se ubicaron de manera equidistante a lo largo de las zonas de cultivo, para cubrir integralmente la variabilidad de las condiciones ambientales y las posibles diferencias en el crecimiento del ostión. Así, para conocer las condiciones ambientales del estero, en cada estación se recolectaron muestras de agua a la profundidad media de la longitud de las sargas en la etapa de pre-engorda (0.6 m) y engorda (1.2 m). Para evaluar el crecimiento e índice de condición se recolectaron 30 organismos por estación.

## 5.3. Muestreo

Las muestras de agua se recolectaron con una botella horizontal de 1 L (LaMotte JT-1). En cada estación se midió *in situ* la salinidad (refractómetro Atago, precisión  $\pm 1.0\%$ ), temperatura (sensor digital Hanna, precisión  $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), y la transparencia de la columna de agua (disco de Secchi). También, se tomaron muestras de agua para el análisis de oxígeno disuelto (botellas DBO) y materia particulada suspendida ( $\sim 1$  L). Asimismo, como una medida de la biomasa fitoplanctónica (alimento vivo), se tomaron muestras de agua para el análisis

de clorofila-*a*. Estas muestras se almacenaron en botellas de plástico de 1 L, dentro de bolsas de plástico oscuro, y se transportaron al laboratorio en hielo. Además, en la parte central de la zona de cultivo de ostión de los dos esteros, se instaló un termógrafo (HOBO® Data Loggers UTBI-001 Tidbitv2) con el propósito de registrar la variabilidad de corto periodo (cada 30 minutos) de la temperatura del agua a lo largo del periodo de estudio, la cual permitió conocer a mayor detalle la dinámica de los esteros Camichín y Pozo Chino.

Por otro lado, las muestras de ostión se recolectaron manualmente; en cada estación se recolectaron 30 organismos, los cuales se eligieron al azar a lo largo de 10 sargas de cultivo. Para el traslado de los organismos al laboratorio se almacenaron en mallas de plástico dentro de hieleras.

#### **5.4. Análisis de muestras**

##### **5.4.1. Variables ambientales**

Para el análisis de clorofila-*a* y materia particulada suspendida, las muestras de agua se filtraron al vacío en un sistema Millipore a través de filtros de fibra de vidrio (GF/F Whatman®, 0.7 µm, 45 mm) pre-quemados (350 °C, 4 h). La concentración de clorofila-*a* se determinó con la técnica espectrofotométrica estándar (UV-visible, extracción con acetona-90%) descrita en Parsons *et al.* (1984). La concentración de materia orgánica e inorgánica suspendida se cuantificó por el método de calcinación (450 °C, 4 h) y gravimetría (Chávez-Villalba *et al.*, 2005). La concentración de oxígeno disuelto se determinó por el método titulación Winkler (Parsons *et al.*, 1984). Para cada análisis, simultáneamente se analizaron blancos de procedimiento.

##### **5.4.2. Biometrías**

Para determinar la tasa de crecimiento e índice de condición de *C. corteziensis*, se removieron manualmente los epibiontes y detritus de las valvas de los ostiones, y se realizaron las biometrías de todos los organismos colectados. Posteriormente, con un vernier (precisión 0.1 mm), los ejemplares se midieron con relación a la dimensión de la concha, en

su eje máximo dorso-ventral (ancho), antero-posterior (alto) e intervalvar (espesor) (Figura 3). También, con una balanza analítica (Sartorius, precisión  $\pm 0.001$  g), se determinó el peso del ostión completo, de la concha y la carne seca (70 °C hasta obtener peso constante) y el peso de la carne húmeda.

Figura 3. Dimensiones de la concha de ostión en sus ejes: máximo dorso-ventral (alto), antero-posterior (ancho) e intervalvar (espesor).



## 5.5. Análisis de datos

### 5.5.1. Crecimiento e índice de condición

Con los datos biométricos se calculó la tasa de crecimiento relativo a longitud (alto, ancho y espesor), y peso (masa de la concha y masa de la carne húmeda y seca) del ostión, así como el índice de condición. Respecto a la tasa de crecimiento, ésta se determinó con la ecuación 1.

$$TC = \frac{X_1 - X_0}{D} \quad (1)$$

Donde:  $TC$ , es la tasa de crecimiento;  $X_1$  y  $X_0$ , son las longitudes o peso en el momento del muestreo ( $X_1$ ) y del último muestreo anterior ( $X_0$ ), respectivamente;  $D$ , es el número de días transcurridos entre un muestreo y otro (Chávez-Villaiba *et al.*, 2008; Cáceres-Puig *et al.*, 2007).

Para conocer el tipo de crecimiento de *C. corteziensis* en condiciones de cultivo, se determinó la relación longitud-peso de las dimensiones de la concha del ostión (Figura 3) y del peso del ostión completo, concha seca, carne húmeda y seca, con base en la ecuación potencial (ecuación 2) descrita por Le Cren (1951).

$$W = a L^b \quad (2)$$

Donde  $W$  es uno de los pesos,  $L$  es una de las longitudes consideradas en el estudio,  $a$  es el factor de condición del organismo y  $b$  es la pendiente del modelo que representa el tipo de crecimiento. De esta manera, si éste es isométrico  $b = 3$ , debido a que se considera que el peso incrementa de manera cúbica en relación a la longitud, pero si  $b \neq 3$ , el crecimiento es alométrico (Riker, 1975); el cual, puede ser negativo cuando el organismo crece más en longitud ( $b < 3$ ) o positivo al incrementar más en peso (Froese, 2006; Froese et al. 2011). Para estimar los parámetros  $a$  y  $b$ , se realizó el modelo potencial ( $\log(W_i) = \log(a) + b \log(L_i)$ ). No obstante, para definir si el valor estimado del parámetro  $b \neq 3$ , el se utilizó el estadístico de prueba de hipótesis t-student (t-test, Sokal y Rohlf 1987; Zar, 1984).

Por otro lado, las relaciones entre las longitudes y entre los diferentes pesos, se consideró la ecuación de la recta (ecuación 3).

$$y = bx + a \quad (3)$$

Donde  $b$  es la pendiente y  $a$  es el intercepto en el eje de las  $y$ . Los criterios para definir el tipo de crecimiento entre las relaciones, serán similares a los definidos para el modelo potencia, con la diferencia de considerar el valor de uno ( $b = 1$ ), en lugar de tres como valor que define la isometría.

Finalmente, el índice de condición se determinó con la ecuación 4.

$$IC = \left( \frac{P_{CAs}}{P_{CS}} \right) (100) \quad (4)$$

Dónde:  $IC$  es el índice de condición,  $P_{CS}$  es el peso de la concha seca, y  $P_{CAs}$  es el peso de la carne seca (Crosby y Gale, 1990; Walne y Mann, 1975).

### 5.5.2. Calidad del ostión

Para evaluar la calidad del ostión respecto a su forma y cantidad de carne, se utilizaron el índice de forma propuesto por la industria ostrícola de la costa Oeste de Estados Unidos (Ecuación 5, Brake et al., 2003) y una modificación al índice de carne implementado en la industria ostrícola francesas (Ecuación 6, Fleury et al., 2003).

$$IF = \frac{L_C}{L_{EC}} \quad (5)$$

$$ICa = \frac{P_{CAs}}{P_{Og}} \quad (6)$$

Para el índice de forma ( $IF$ ),  $L_C$  y  $L_{EC}$ , son la longitud intervalvar y la antero-posterior de la concha, respectivamente. En el índice de carne ( $ICA$ ),  $P_{CAH}$ , es el peso de la carne fresca;  $P_{OE}$ , es el peso del ostión entero. La modificación de este índice consiste en sustituir el  $P_{OE}$  por el peso de la concha seca ( $P_{CS}$ ). El índice propuesto en este estudio, se basa en la premisa de que la variabilidad del contenido de líquido intervalvar en el peso del ostión entero se elimina al utilizar el peso de la concha.

### 5.6. Análisis estadísticos

Para tener una mejor perspectiva de la variabilidad temporal de las condiciones ambientales de los esteros Camichín y Pozo Chino, así como de los parámetros biométricos de *C. corteziensis*, para cada periodo de muestreo se determinó el valor promedio y desviación estándar, con los cuales se construyeron gráficas de distribución temporal con el programa SigmaPlot 10.0. Para establecer las relaciones entre las variables-parámetros estudiados, se realizó análisis de correlación (Pearson) y el contraste de cada variable-parámetro entre los dos esteros, se realizó con un análisis de varianza de una vía (ANDEVA) con un nivel de confianza de 95%, mediante el programa STATISTICA 7.0.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Condiciones ambientales de las zonas de cultivo

Las condiciones ambientales (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, clorofila-*a*, transparencia y materia particulada suspendida) en los dos sistemas de cultivo mostraron amplia variabilidad a lo largo del periodo de estudio.

La temperatura del agua en el ciclo de cultivo varió en un intervalo de 23.0 a 32.3 °C ( $\bar{X} = 28.3 \pm 2.7$  °C) en el estero Camichín y de 24.2 a 33.1 °C ( $\bar{X} = 29.0 \pm 2.6$  °C) en Pozo Chino. Variable donde observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los dos esteros, de octubre a diciembre de 2012, y en marzo, mayo y junio de 2013 (Figura 4a). En general, en las dos zonas de cultivo se observó un marcado patrón estacional, caracterizado por valores bajos en los meses de invierno y relativamente altos durante primavera y verano, lo cual pudiera estar asociado al ciclo anual de la temperatura del aire.

Los ostiones son organismos poiquiloterms y están adaptados a crecer y desarrollarse dentro de ciertos límites térmicos; el aumento o disminución de la temperatura en el ambiente por arriba o por debajo de los límites de tolerancia de la especie podría llevarlos a enfermar o morir (Cáceres-Puig et al., 2007; Góngora-Gómez et al., 2012; Cáceres-Martínez y Vásquez-Yeomans, 2014). Se sabe que *C. corteziensis* es una especie euritérmica (16-32 °C), sin embargo se ha reportado que a temperaturas < 18 °C se observa disminución del crecimiento, mientras que a temperaturas > 34 °C se presenta alto porcentaje de mortalidad (Chávez-Villalba et al., 2005; Cáceres-Puig et al., 2007). La temperatura adecuada para el crecimiento del ostión de placer es entre 24 a 30 °C, con un óptimo entre 28 a 30 °C (Cáceres-Puig et al., 2007). En este estudio la temperatura registrada para las dos zonas de cultivo se encontró dentro de los límites adecuados para el crecimiento de esta especie.

Respecto a la salinidad, ésta fluctuó en un intervalo de 4.3 a 35.1 ‰ ( $\bar{X} = 25.8 \pm 9.7$  ‰) en el estero Camichín, en tanto en el estero Pozo Chino de 27.8 a 37.0 ‰ ( $\bar{X} = 33.9 \pm 2.2$  ‰), con diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las dos zonas de cultivo de octubre de 2012 a febrero de 2013, así como en julio y agosto de 2013 (Figura 4b). De acuerdo a las características hidrogeomorfológica de las zonas de estudio (Blanco y Correa-Magallanes,

2011), para el estero Camichín la variabilidad en la salinidad podría estar influenciada por la dinámica de las mareas, aportes de agua dulce por lluvias y flujo del río San Pedro, y en el caso del estero Pozo Chino su variabilidad pudiera estar asociada principalmente al efecto de la marea

El ostión *C. corteziensis* es una especie que crece rápido en aguas con salinidades cercanas a la del mar, por lo que el crecimiento de esta especie se puede dar en condiciones típicamente marinas, pero el desarrollo óptimo se ha encontrado ocurre en aguas más cálidas con aporte de agua dulce en los sistemas estuarinos (Stuardo y Martínez, 1975; Baqueiro, 1991; Mazón-Suástegui *et al.*, 2011). Es un organismo eurihalino (Enriquez-Ocaña *et al.*, 2012), que soporta salinidades cercanas a 0.0 ‰ (p.ej. esteros de San Blas, Nayarit, Stuardo y Martínez 1975), hasta salinidades de 33 a 42 ‰ (p.ej. laguna Las Guásimas, Sonora, Chávez-Villalba *et al.*, 2008; Castillo-Durán *et al.*, 2010). Sin embargo, se ha reportado que valores altos de salinidad (50 ‰) o bajos (< 10 ‰) disminuye las posibilidades de crecimiento (Stuardo y Martínez, 1975; Guzmán-Agüero *et al.*, 2012). El crecimiento óptimo ocurre de 23 a 28 ‰ (Baqueiro, 1991), y el asentamiento larval se da en salinidades de 21 a 37 ‰, no observándose fijaciones de nueva semilla en salinidades bajas (< 10 ‰), probablemente a causa de retardos en el desove hasta cuando la salinidad regresa a valores superiores a 15 o 20 ‰ (Stuardo y Martínez, 1975; Baqueiro, 1991). Los valores de salinidad obtenidos en este estudio muestran que en el estero Pozo Chino las condiciones fueron adecuadas para un crecimiento óptimo a lo largo del ciclo de cultivo; en contraste para el estero Camichín, cuya salinidad al finalizar la etapa de engorda (julio de 2013) se encontraron dentro de los valores que disminuyen las posibilidades de crecimiento óptimo para esta especie.

Por otro lado, el ostión utiliza sólo una pequeña cantidad del oxígeno, menos del 10% del oxígeno disponible es removido del agua; esta mínima utilización se debe al rápido transporte de agua que se realiza durante la filtración de partículas de alimento (Polanco *et al.*, 2006; Leal-Sepúlveda, 2011; Góngora-Gómez *et al.*, 2012). Las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua fueron de 4.1 a 7.9 mg.L<sup>-1</sup> ( $\bar{X}$  = 6.06±1.0 mg.L<sup>-1</sup>) en el estero Camichín, y de 5.7 a 10.15 mg.L<sup>-1</sup> ( $\bar{X}$  = 7.1±1.2 mg.L<sup>-1</sup>) en el estero Pozo Chino (Figura 4c) observándose diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las dos zonas de cultivo en octubre de

2012 y febrero de 2013. Los límites de tolerancia del ostión en cuanto al oxígeno disuelto es de 3 a 9.5 mg.L<sup>-1</sup> (Loosanoff y Davis, 1950), por lo que las concentraciones de oxígeno disuelto en las dos zonas de cultivo de estudio estuvieron dentro de los límites de tolerancia.

Por otro lado, la biomasa fitoplanctónica (medida en este trabajo como clorofila-*a*) también presentó amplia variabilidad. El intervalo de la concentración de clorofila-*a* para el estero Camichín fue de 0.1 a 12.8 mg.m<sup>-3</sup> ( $\bar{X} = 5.0 \pm 3.5$  mg.m<sup>-3</sup>) y para el estero Pozo Chino de 2.4 a 18.8 mg.m<sup>-3</sup> ( $\bar{X} = 7.7 \pm 4.1$  mg.m<sup>-3</sup>) (Figura 4e). Entre las dos zonas de cultivo se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en diciembre de 2012, enero, marzo y mayo de 2013. Buitrago *et al.* (2009) sugieren que valores entre 3.0 a 5.0 mg.m<sup>-3</sup> de clorofila-*a* son considerados como suficientes para satisfacer la demanda de los moluscos filtradores. Las concentraciones de clorofila-*a* para el estero Pozo Chino se encontraron dentro de los límites sugeridos, incluso se observaron altas concentraciones de clorofila-*a* a lo largo del ciclo de cultivo. Por su parte en el estero Camichín se observaron valores bajos de clorofila-*a* durante la etapa de engorda en el mes de enero 2013 (0.4 mg.m<sup>-3</sup>), agosto de 2013 (0.2 mg.m<sup>-3</sup>) y septiembre (0.1 mg.m<sup>-3</sup>) los cuales se encuentran por debajo de lo sugerido por Buitrago *et al.* (2009).

En cuanto a la transparencia de la columna de agua, los valores estuvieron en un intervalo de 20.6 a 195.8 cm ( $\bar{X} = 98.7 \pm 44.9$  cm) en el estero Camichín y de 70.0 a 193.7 cm ( $\bar{X} = 120.6 \pm 27.0$  cm) en el estero Pozo Chino, con diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las dos zonas de cultivo en octubre de 2012, enero, marzo y agosto de 2013 (Figura 4d). La transparencia del agua es un buen indicador de la turbulencia y presencia de material suspendido, y se considera como valor mínimo 50 cm medido con el disco de Secchi (Leal-Sepúlveda, 2011; SEMARNAT, 2011). En el estero Pozo Chino la transparencia de la columna de agua se mantuvo por arriba del valor mínimo establecido y la variabilidad de la transparencia, al igual que la salinidad en este estero pudiera estar asociada principalmente a las condiciones de marea. Mientras que en el estero Camichín, al finalizar la etapa de engorda, a partir de julio de 2013, se observaron valores de transparencia en la columna de agua menores al valor mínimo, resultado del aporte de partículas terrígenas provenientes del aporte del río San Pedro en temporada de lluvia.

Las concentraciones encontradas de materia particulada suspendida (MPS) para el estero Camichín fueron de 17.5 a 90.6 mg L<sup>-1</sup> ( $\bar{X}$  = 45.9±19.0 mg.L<sup>-1</sup>) y en el estero Pozo Chino de 6.4 a 68.3 mg.L<sup>-1</sup> ( $\bar{X}$  = 41.1±16.0 mg.L<sup>-1</sup>) con diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los dos esteros en octubre y diciembre de 2012, enero y febrero 2013, y julio y agosto 2013.

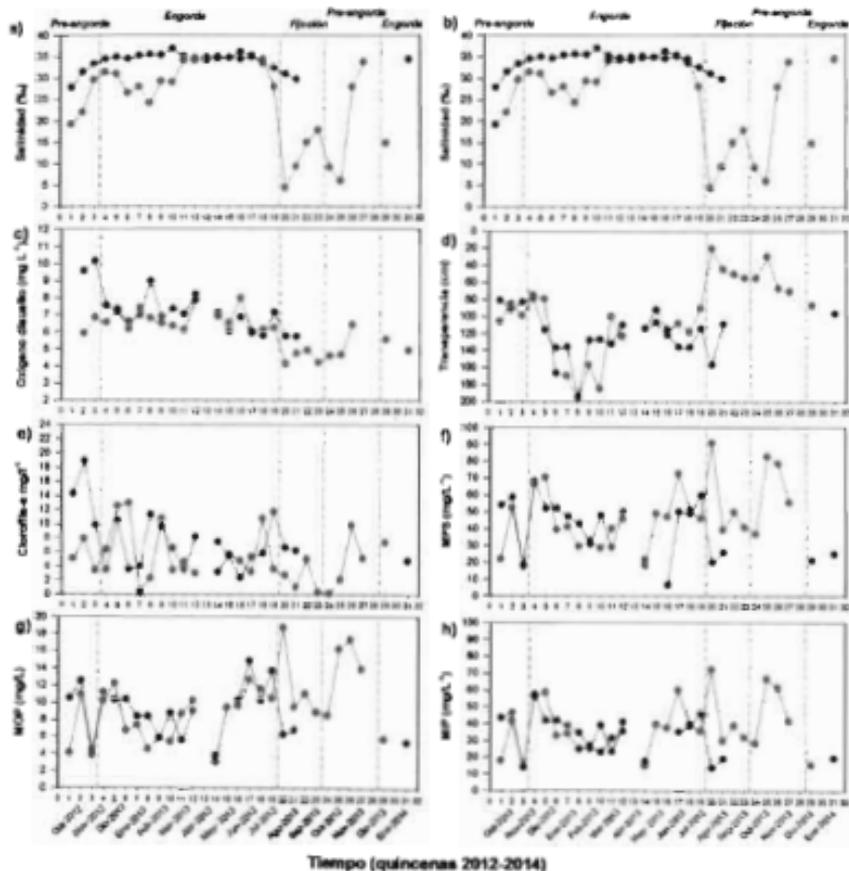


Figura 4. Variabilidad temporal ( $\bar{X}$ ±D.E.) de las variables ambientales en los esteros Camichín (●) y Pozo Chino (●). Ciclo de cultivo 2012-2014.

La MPS tiene influencia sobre los factores de alimentación de los filtroalimentadores (Leal-Sepúlveda, 2011). *C. corteziensis* tiene una alta capacidad para clasificar partículas a lo largo del año; ajusta su comportamiento a las diferentes condiciones de alimentos y explota la materia orgánica particulada (MOP) bajo grandes variaciones en la materia inorgánica particulada (MIP), por lo que al regular la ingestión mantiene alta eficacia de absorción y una selección preferida de partículas de calidad (Chávez-Villalba *et al.*, 2005 y 2008).

Respecto a la MOP y MIP, en ambas zonas de cultivo se muestra la misma tendencia (Figura 4g y 4h). La materia MIP fue superior a la MOP en todos los muestreos, con valores de MOP de 3.0 a 18.7 mg L<sup>-1</sup> ( $\bar{X} = 9.3 \pm 4.0$  mg.L<sup>-1</sup>) para el estero Camichín, y en Pozo Chino 3.8 a 14.8 mg L<sup>-1</sup> ( $\bar{X} = 9.0 \pm 3.0$  mg.L<sup>-1</sup>), y para MIP de 13.8 a 71.1 mg.L<sup>-1</sup> ( $\bar{X} = 36.6 \pm 15.9$  mg.L<sup>-1</sup>) en estero Camichín, y en Pozo Chino 13.6 a 57.2 mg.L<sup>-1</sup> ( $\bar{X} = 34.1 \pm 12.6$  mg L<sup>-1</sup>). Se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para la MOP en octubre y diciembre de 2012, enero y febrero de 2013 y julio 2013, y para la MIP se observaron diferencias significativas en octubre y diciembre de 2012, enero y febrero 2013 y julio y agosto de 2013. Las concentraciones de MOP y MIP registradas en este estudio son similares a los descritos por Mazón-Suástegui *et al.* (2011) en lagunas costeras del noreste de México, donde también menciona que las concentraciones de MIP son superiores a las de MOP.

En ambos sistemas las variables ambientales mostraron amplia variabilidad a lo largo del periodo de estudio, cuyo patrón estacional hasta inicios del verano fue similar en las zonas de cultivo y estuvieron en el intervalo adecuado para el crecimiento de *C. corteziensis* en condiciones naturales (Stuardo y Martínez, 1975) y de cultivo (Chávez-Villalba *et al.*, 2005; Castillo-Durán *et al.*, 2010), en el caso de Camichín a partir de julio 2013 la salinidad, clorofila-*a* y transparencia de la zona de cultivo se encontraron por debajo de los límites adecuados para el crecimiento de *C. corteziensis*.

## 6.2. Crecimiento e índice de condición de *C. corteziensis*

Después de ~17 meses de cultivo (a partir de la fijación), en el estero Camichín *C. corteziensis* alcanzó tallas promedio de: 8.6±1.1 cm de alto, 5.2±0.6 cm de ancho y 2.5±0.4 cm de espesor de concha (Figuras 5 a, b y c), con un peso de 6.3±1.8 g de carne y 64.8±14.8 g

en ostión entero (Figuras 5 d y e). Sin embargo, en el estero Pozo Chino en ~12 meses de cultivo *C. corteziensis* alcanzó tallas promedio de:  $8.3 \pm 0.7$  cm de alto,  $5.7 \pm 0.6$  cm de ancho, y  $2.6 \pm 0.5$  cm de espesor de concha (Figuras 5 a, b y c), con un peso de  $10.3 \pm 2.7$  g de carne y  $42.7 \pm 10.9$  g de ostión entero (Figuras 5 d y e), no se observaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre las tallas de las dos zonas de cultivo. En tanto, la tasa de crecimiento absoluto en el estero Camichín fue de 0.128, 0.006, y 0.03  $\text{mm.día}^{-1}$  en alto, ancho y espesor de la concha con un incremento en peso de carne de  $12.68 \text{ mg.día}^{-1}$ , la cual fue menor que la obtenida para Pozo Chino de 0.197, 0.128 y 0.05  $\text{mm.día}^{-1}$ , con un incremento en peso de carne de  $34.10 \text{ mg.día}^{-1}$ .

No obstante, en general la tendencia observada de crecimiento de *C. corteziensis* en las etapas de cultivo en el estero Camichín y Pozo Chino fue relativamente similar; una fase de crecimiento rápido en octubre y noviembre de 2012 con  $0.293 \text{ mm.día}^{-1}$  en Camichín y  $0.417 \text{ mm.día}^{-1}$  en Pozo Chino, los cuales corresponden al periodo de pre-engorda; concordando con lo descrito por Stuardo y Martínez (1975) quien describe que durante los primeros siete meses de vida del ostión el crecimiento es rápido, pero con un ritmo particularmente más acelerado durante los dos primeros meses de vida. Después, de diciembre de 2012 a marzo de 2013, correspondientes a la etapa de engorda y cosecha, se observó una tasa de crecimiento relativamente menor, de  $0.128 \text{ mm.día}^{-1}$  en Camichín y  $0.154 \text{ mm.día}^{-1}$  en Pozo Chino, las cuales pudieran estar asociadas con el decremento de la temperatura entre noviembre 2012 a enero 2013, además posibles desoves parciales que de acuerdo a Cuevas-Guevara y Martínez-Guerrero (1979) en esta especie continúan hasta noviembre, seguido del post-desove en diciembre. Si bien no se observaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en crecimiento del ostión entre el estero Camichín y el estero Pozo Chino, el estero Camichín *C. corteziensis* alcanzó la talla promedio obtenida en el estero Pozo Chino cinco meses después.

En cultivos comerciales para esta especie se espera una tasa de crecimiento entre los 0.8 a  $1.53 \text{ cm.mes}^{-1}$  de alto, con una talla comercial adecuada para consumo de 7 cm (Chávez-Villalba et al., 2005; Cáceres-Puig et al., 2007; Mazón-Súastegui et al., 2011). En los dos esteros las tasas registradas se encuentran dentro de lo esperado en crecimiento por mes en lo alto de la concha para cultivos comerciales. Las tallas y tasas de crecimiento

registradas en este estudio, fueron similares a las reportadas en cuerpos de agua de Sonora. En el caso del estero Camichín, después de 12 meses de cultivo, la tasa de crecimiento fue similar a la reportada para *C. corteziensis* en la laguna de las Guasimas, Sonora en 25 meses de cultivo; y en el estero Pozo Chino, en 12 meses de cultivo, la tasa de crecimiento fue mayor a la registrada en 13 meses de cultivo en la laguna el Soldado, Sonora (Tabla 2).

Tabla 2. Tallas promedio de y tasa de crecimiento de *C. corteziensis* cultivados en cuerpos de agua de Sonora, México.

Sitio	Tiempo de cultivo	Alto (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Tasa de crecimiento absoluto	Referencia
Laguna el Soldado, Sonora.	13 meses	7.1±0.2	5.3±1	2.5±1	0.183 mm.día <sup>-1</sup>	Chávez-Villalba et al., 2005
Laguna las Guasimas, Sonora.	25 meses	10.3±0.18	6.3±0.07	3.1±0.7	0.127 mm.día <sup>-1</sup>	Chávez-Villalba et al., 2008
Bahía Agiabampo, Sonora.	9 meses	7.6±0.6	4.8±0.1	3.0±0.1	0.308 mm.día <sup>-1</sup>	Mazón-Suástegui et al., 2011
Esteros Camichín Nayarit.	17 meses	8.6± 1.1	5.2±0.6	2.5±0.4	0.128 mm.día <sup>-1</sup>	Este estudio
Esteros Pozo Chino Nayarit.	12 meses	8.3±0.7	5.7 ±0.6	2.6±0.5	0.197 mm.día <sup>-1</sup>	Este estudio

Por otra parte, la diferencias en tallas y tasa de crecimiento entre *C. corteziensis* cultivado en Nayarit y los cuerpos de agua de Sonora (Chávez-Villalba et al., 2005; Mazón-Suástegui et al., 2011), sugiere que existen diferencias latitudinales en el crecimiento de esta especie, que involucra variables ambientales contrastantes (temperatura y salinidad) entre cuerpos de agua de latitudes áridas y subtropicales. Sin embargo, para propósitos de comparación es importante considerar factores relacionados al método de cultivo; tales como, el origen de las semillas (silvestre y laboratorio), técnica de cultivo (sartas y cestas), así como la etapa de crecimiento (temprana, juvenil y adulto) considerada para la determinación de los parámetros morfométricos. Se ha reportado que el crecimiento de *C. corteziensis* no es sostenido ni consistente. Se sabe que en etapas tempranas el crecimiento es más rápido que en etapas adultas (Stuardo y Martínez, 1975; Chávez-Villalba et al., 2005, 2008), e incluso puede cambiar de un ciclo de cultivo a otro (Chávez-Villalba et al., 2008).

Respecto al índice condición (IC), éste es una medida del estado fisiológico y nutricional de los moluscos bivalvos, y es importante cuando se requiere evaluar el estado nutricional y su calidad comercial (Lucas y Beninger, 1985; Crosby y Gale, 1990). Para *C. corteziensis* en Sonora, Chávez-Villalba et al. (2005) han reportado picos relativamente altos del IC, en junio (76,4%) y septiembre (64,1%) en la Laguna El Soldado. Asimismo, Chávez-Villalba et al. (2008) en la laguna Las Guasimas mencionan que el IC fue alto durante todo el periodo de estudio, con valores que van de 66.7% en diciembre 2003 a 72% en junio 2005. Por su parte también en la laguna Las Guasimas, Castillo-Durán et al. (2010) observó IC en verano de 70.6% que decrecieron gradualmente hasta 46% hacia septiembre.

En este estudio, para el estero Pozo Chino se encontró un IC en promedio (69.4±10.6%) similar respecto a lo reportado por Chávez-Villalba et al. (2005, 2008) y Castillo-Durán et al. (2010), lo cual indica que los ostiones cultivados en este ciclo estuvieron generalmente en buen estado fisiológico-nutricional (Figura 5f) (Chávez-Villalba et al., 2005, 2008; Castillo-Durán et al., 2010), ya que a partir de febrero de 2013 el IC registrado se mantuvo por arriba del 60.0%, observándose un pico de 84.0% en abril y decreció hasta 67.4% al final del ciclo de cultivo. En contraste, el estero Camichín presentó un IC en promedio bajo 46.5±15.9%; el IC más alto observado para esta zona de cultivo se registró en mayo de 2013, el cual se mantuvo al 70% hasta julio del 2013, decreciendo por debajo de 50% en lo que restó del ciclo de cultivo (Figura 5f). Un IC de condición alto se obtiene cuando el ostión se encuentra "gordo" lo cual ocurre durante la época de reproducción de la especie, es allí cuando el ostión alcanza buen precio en el mercado, y excelente sabor (Chávez-Villalba et al., 2005, 2008; Cáceres-Puig et al., 2007; Castillo-Durán et al., 2010; Mazón-Suástegui et al., 2001 y 2011; Guzmán-Agüero et al., 2012). En el estero Camichín después de julio del 2013 se obtuvieron IC bajos debido al periodo de desove, en esta etapa del cultivo no es recomendable realizar cosechas. El IC bajo registrado en esta especie a partir de junio para los dos esteros, se le podría atribuir a la época de reproducción. De acuerdo con Cuevas-Guevara y Martínez-Guerrero, 1979, los ostiones se encuentran maduros entre marzo-abril, en mayo inicia el ciclo de desove el cual se prolonga hasta noviembre (con desoves parciales a lo largo del año).

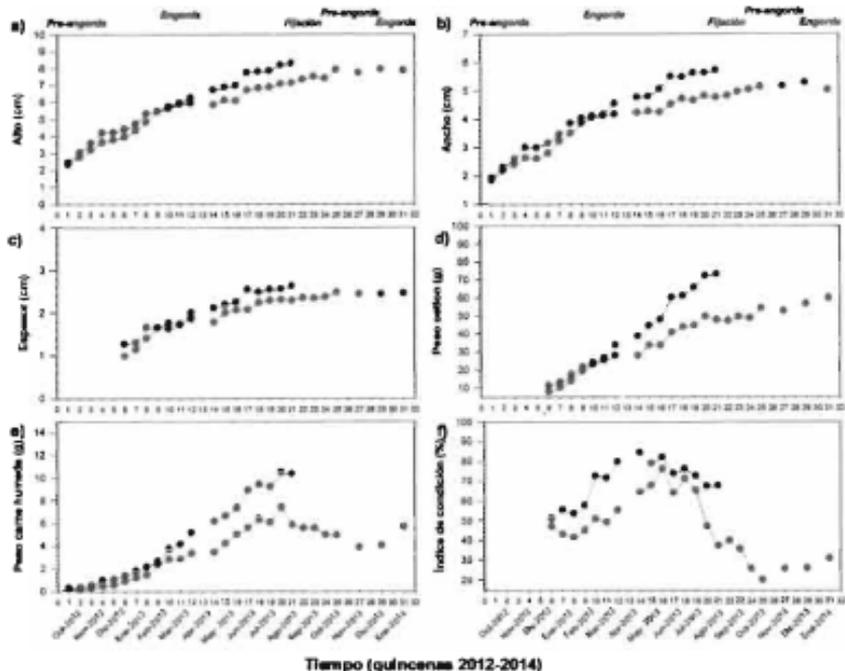


Figura 5. Variabilidad temporal ( $\bar{X} \pm D.E.$ ) de los parámetros morfométricos (a-e) e índice de condición (f) de *C. corteziensis* en los esteros Camichín (■) y Pozo Chino (●). Ciclo de cultivo 2012-2014.

En este estudio, para el estero Camichín se encontró una correlación significativa ( $p < 0.05$ ) entre los parámetros de crecimiento con la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, transparencia y la MOP (Tabla 3). Mientras que en el estero Pozo Chino solo se encontró una correlación significativa ( $p < 0.05$ ) entre los parámetros de crecimiento temperatura, salinidad y el oxígeno disuelto (Tabla 4).

En el ostión de placer las variables ambientales como la temperatura y salinidad (Cáceres-Puig *et al.*, 2007; Mazón-Suástegui *et al.*, 2011; Enríquez-Ocaña *et al.*, 2012), así como la disponibilidad de alimento (Chávez-Villalba *et al.* 2005, 2008; Castillo-Durán *et al.*, 2010; Guzmán-Agüero *et al.*, 2012) influyen de manera importante en su crecimiento. En particular, la temperatura y salinidad en el ostión *C. corteziensis* se ha observado que

influyen en aspectos biológicos, y regulan diversas funciones fisiológica tales como la tasa de filtración, clarificación, asimilación y energía disponible para el crecimiento y/o maduración, las cuales son mayores a 29 °C y en condiciones salobres (20‰) más que marinas (35‰) (Gosling, 2003; Guzmán-Aguero et al., 2012; Enriquez-Ocaña et al., 2012), así también influyen en el desarrollo gonádico y la reproducción (Frias-Espericueta et al., 1999; Chávez-Villalba et al., 2008; Rodríguez-Jaramillo et al., 2008; Mazón-Suástegui et al., 2011), en el crecimiento e índice de condición (Chávez-Villalba et al., 2005; Cáceres-Puig et al., 2007; Chávez-Villalba et al., 2008; Castillo-Durán et al., 2010; Mazón-Suástegui et al., 2011; Guzmán-Aguero et al., 2012).

Tabla 3. Correlación entre las variables ambientales y los parámetros morfométricos de crecimiento e índice de condición de *C. corteziensis* del estero Camichin. Ciclo de cultivo 2012-2014.

Variable	AIC	AnC	EC	PO	PCS	PCaH	PCaS	IC
Temperatura	<b>0.60*</b>	<b>0.65*</b>	<b>0.70*</b>	<b>0.63*</b>	<b>0.61*</b>	<b>0.75*</b>	<b>0.52*</b>	-0.08
Salinidad	-0.39	-0.36	-0.40	<b>-0.42*</b>	-0.41	-0.35	0.18	<b>0.68*</b>
Oxígeno	<b>-0.65*</b>	<b>-0.58*</b>	<b>-0.58*</b>	<b>-0.65*</b>	<b>-0.65*</b>	<b>-0.59*</b>	-0.14	<b>0.58*</b>
Transparencia	<b>-0.80*</b>	<b>-0.81*</b>	<b>-0.83*</b>	<b>-0.81*</b>	<b>-0.80*</b>	<b>-0.77*</b>	<b>-0.42*</b>	0.35
Clorofila-a	-0.17	-0.22	-0.18	-0.14	-0.13	-0.19	0.00	0.16
MPS	0.28	0.37	0.34	0.30	0.29	0.36	0.21	-0.09
MOP	<b>0.43*</b>	<b>0.52*</b>	<b>0.50*</b>	<b>0.45*</b>	<b>0.44*</b>	<b>0.49*</b>	0.30	-0.14
MIP	<b>0.24</b>	<b>0.33</b>	<b>0.30</b>	<b>0.26</b>	<b>0.25</b>	<b>0.32</b>	<b>0.18</b>	<b>-0.07</b>

\*  $p < 0.05$  ( $n = 23$ ). AIC, alto; AnC, ancho; EC, espesor; PO, peso ostión; PCS, peso de la concha; PCaH, peso de la carne húmeda; PCaS, peso de la carne seca; IC, índice de condición.

Tabla 4. Correlación entre las variables ambientales y los parámetros morfométricos de crecimiento e índice de condición de *C. corteziensis* del estero Pozo Chino. Ciclo de cultivo 2012-2014.

Variable	AIC	AnC	EC	PO	PCS	PCaH	PCaS	IC
Temperatura	<b>0.88*</b>	<b>0.88*</b>	<b>0.84*</b>	<b>0.88*</b>	<b>0.88*</b>	<b>0.88*</b>	<b>0.88*</b>	<b>0.87*</b>
Salinidad	<b>-0.81*</b>	<b>-0.79*</b>	<b>-0.76*</b>	<b>-0.77*</b>	<b>-0.84*</b>	<b>-0.84*</b>	<b>-0.80*</b>	<b>-0.77*</b>
Oxígeno	<b>-0.78*</b>	<b>-0.75*</b>	<b>-0.76*</b>	<b>-0.72*</b>	<b>-0.76*</b>	<b>-0.77*</b>	<b>-0.78*</b>	<b>-0.76*</b>
Transparencia	-0.28	0.30	-0.31	-0.27	-0.25	-0.25	-0.28	-0.34
Clorofila-a	-0.24	-0.18	-0.22	-0.16	-0.18	-0.19	-0.26	-0.24
MPS	-0.02	0.05	0.12	0.07	-0.02	-0.01	-0.02	0.03
MOP	0.35	0.41	0.47	0.44	0.36	0.36	0.34	0.38
MIP	<b>-0.14</b>	<b>-0.07</b>	<b>0.00</b>	<b>-0.05</b>	<b>-0.13</b>	<b>-0.13</b>	<b>-0.13</b>	<b>-0.08</b>

\*  $p < 0.05$  ( $n = 12$ ). AIC, alto; AnC, ancho; EC, espesor; PO, peso ostión; PCS, peso de la concha; PCaH, peso de la carne húmeda; PCaS, peso de la carne seca; IC, índice de condición.

El oxígeno es uno de los factores de mayor importancia en las especies en cultivo, en ambientes naturales la concentración del oxígeno disuelto en el agua está en constante cambio, pero en condiciones normales (3 a 9.5 mg.L<sup>-1</sup>) el contenido de oxígeno disuelto es suficiente para asegurar la vida de estos organismos (Polanco *et al.*, 2006; Leal-Sepúlveda, 2011; Góngora-Gómez *et al.*, 2012). En el caso de la transparencia del agua, afecta funciones biológicas en el ostión; la transparencia ocasionada estacionalmente en época de crecientes produce elevados índices de mortalidad en los cultivos ostrícolas, debido a la interferencia que ocasiona en la alimentación y respiración así como otros procesos fisiológicos del ostión (SEMARNAT, 2011).

Otra de las variables que influye en el crecimiento de *C. corteziensis* es la materia orgánica. Chávez Villalba *et al.* (2008), observaron mayor crecimiento en el ostión en áreas con mayor concentración de MOP, y menciona que en algunos casos ésta relación no puede ser observada ya que en hábitats costeros la MOP se compone del seston (bacterias, detritus, nano-zooplankton, fitoplancton y otras partículas que flotan). Además que, cuando no existe correlación entre el MOP y la clorofila-*a*, el fitoplancton es bajo y la MOP se componen de otros componentes (protozoarios, bacterias, zooplankton, detritus, etc.).

### 6.3. Relaciones biométricas y tipo de crecimiento de *C. corteziensis*

En el estero Camichín, a lo largo del periodo de estudio, se observó un crecimiento alométrico negativo del peso del ostión con alto, ancho y espesor de la concha, así también un crecimiento alométrico negativo entre el peso de la carne con alto y espesor de la concha, por tener valores de *b* significativamente menores a 3.0 ( $p < 0.05$ ). Mismo patrón que se observó en las relaciones peso-peso, entre el peso del ostión con el peso de la carne húmeda. Se observó un crecimiento alométrico positivo con valores de *b* significativamente ( $p > 0.05$ ) mayores a 3.0 entre peso de la carne y ancho de la concha. Mientras que las relaciones entre las longitudes del ostión (Figura 2) se observó un crecimiento alométrico negativo entre espesor con el alto y ancho de la concha, por tener valores de *b* significativamente menores a 3.0 ( $p < 0.05$ ) y un crecimiento alométrico positivo con valores de *b* significativamente ( $p > 0.05$ ) mayores a 3.0 entre el alto con el ancho de la concha. Esto

se debe a que los ostiones en el estero Camichin crecen en mayor proporción en talla y peso del ostión que en peso de la carne.

En el estero Pozo Chino, a lo largo del periodo de estudio mostraron un crecimiento alométrico positivo con valores de la pendiente  $b$  significativamente mayores a 3.0 ( $p < 0.05$ ) entre las relaciones de alto y el ancho de la concha, con el peso de la carne húmeda, y un crecimiento alométrico negativo para las relaciones entre el alto y ancho y espesor, con el peso del ostión. Con lo que respecta a las relaciones longitud-longitud y peso-peso se observó un crecimiento alométrico negativo [ $p < 0.05$ ] (Tabla 5). Por tanto, las relaciones biométricas indican que en 12 meses de cultivo en el estero Pozo Chino se obtuvieron ostiones con mayor crecimiento en carne, alto y espesor de la concha, así como mayor ganancia en peso del ostión y de la carne.

Las relaciones biométricas permiten hacer comparaciones morfológicas entre especies o entre poblaciones de una especie de diferente hábitats o regiones (Gaspar *et al.*, 2001). Además, es una herramienta útil en la programación del tiempo de engorda y cosecha la cual debe realizarse cuando se acumule la mayor cantidad de reservas en el ostión (Góngora-Gómez *et al.*, 2012).

Respecto al patrón de crecimiento, para los dos esteros indican un crecimiento alométrico tanto en las relaciones longitud-peso, longitud-longitud y peso-peso, lo que es consistente con los resultados de Chávez Villalba *et al.* (2005, 2008) quienes reportaron que en 13 y 25 meses de cultivo *C. corteziensis* muestra un crecimiento isométrico entre el alto con el espesor y ancho de la concha, y un crecimiento alométrico entre el peso total con el alto, espesor y ancho de la concha, sin embargo, solo se limita a deducir el crecimiento alométrico, sin indicar si es positivo o negativo (Tabla 5). La relación peso-alto (longitud) resultante para *C. corteziensis* son similares a lo obtenido para otras especies, por ejemplo Melchor Aragón *et al.* (2002), confirmó el carácter alométrico negativo de la relación peso-longitud en *C. iridescens*, y Amin-Nurul *et al.* (2008) en once meses de cultivo encontró un crecimiento alométrico negativo en *C. madrasensis*.

Tabla 5. Relaciones biométricas de *C. corteziensis* en condiciones de cultivo reportadas en cuerpos de agua del noroeste de México.

Relación	Ecuación	Sitio/Referencia
Alto-Espesor	$y=0.06941x+2.1901$	Laguna el Soldado, Sonora Chávez-Villalba <i>et al.</i> (2005)
Espesor-Ancho	$y=0.3853x-0.6391$	
Alto-Ancho	$y=0.2744x-0.0669$	
Peso-Alto	$y=0.0002x^{2.8389}$	
Peso-Espesor	$y=0.0003x^{2.9725}$	
Peso-Ancho	$y=0.0089x^{1.9811}$	
Alto-Espesor	$y=0.6048x+7.1121$	Laguna Las Guasimas, Sonora Chávez-Villalba <i>et al.</i> (2008)
Espesor-Ancho	$y=0.3558x-4.1851$	
Alto-Ancho	$y=1.4205x+20.2131$	
Peso-Espesor	$y=0.00007x^{2.0953}$	
Peso-Alto	$y=0.004x^{1.3473}$	
Peso-Ancho	$y=1.9561x^{-1.0211}$	
Alto-Peso ostión	$y=0.3514x^{2.4379}$	Estero Camichín Este estudio
Alto-Peso carne húmeda	$y=0.0156x^{2.9243}$	
Ancho-Peso ostión	$y=0.6625x^{2.4282}$	
Ancho-Peso carne húmeda	$y=0.0293x^{2.2352}$	
Espesor-Peso ostión	$y=10.73x^{1.6368}$	
Espesor-Peso carne húmeda	$y=1.2411x^{1.0757}$	
Alto-Ancho	$y=0.4754x+1.0896$	
Alto-Espesor	$y=0.2564x+0.3476$	
Espesor-Ancho	$y=0.4613x-0.0339$	
Peso ostión-Peso carne húmeda	$y=0.1040x+0.4701$	
Alto-Peso ostión	$y=0.2102x^{2.7108}$	
Alto-Peso carne húmeda	$y=0.0107x^{3.2711}$	
Ancho-Peso ostión	$y=0.743x^{2.5332}$	
Ancho-Peso carne húmeda	$y=0.0326x^{3.2132}$	
Espesor-Peso ostión	$y=10.678x^{1.7045}$	
Espesor-Peso carne húmeda	$y=1.3661x^{1.0454}$	
Alto-Ancho	$y=0.6077x+0.4802$	
Alto-Espesor	$y=0.2859x+0.1760$	
Espesor-Ancho	$y=0.1454x+0.4083$	
Peso ostión-Peso carne húmeda	$y=0.1487x-0.0842$	

#### 6.4. Calidad de *C. corteziensis*: Índices y clasificación

La Norma Mexicana NMX-FF-001-SCFI-2009 establece las características y aspectos comerciales de calidad de las diferentes especies de ostión vivo en concha (*C. gigas*, ostión Japonés; *C. corteziensis*, ostión de placer; *Ostrea iridiscens*, ostión de roca; *C. rizophorae*, ostión de mangle; *C. sikamea*, ostión Kumamoto; y el ostión del Golfo de México *C. virginica*)

a través de la clasifica en función al tamaño (Tabla 6). Por otro lado, algunas industrias ostrícolas en México que comercializa ostión Japonés y Kumamoto, atribuyen la calidad del ostión a las cualidades en su concha y carne que resulta atractiva al consumidor. Por ejemplo: concha compacta y resistente, de superficie exterior regular y limpia, de interior lisa y perfectamente nacarada; con rendimiento de carne en relación al peso total del organismo, así como textura y sabor homogéneas (SOL AZUL, S.A. DE C.V., 2015).

Tabla 6. Clasificación del ostión (litoral Pacífico) según NMX-FF-001-SCFI-2009.

Tamaño	Clave	Talla (cm)
Extra grande	XXL	14.0 o mayor
Grande B	XL	12.0-14.0
Grande A	L	10.0-12.0
Mediano	M	8.0-10.0
Chico	CH	Menor de 8.0

No obstante, que la Norma Mexicana NMX-FF-001-SCFI-2009 incluye en su clasificación al ostión *C. corteziensis*, resulta inadecuada su utilización debido a que la clasificación por talla que plantea involucra especies de mayores dimensiones (p.ej. ostión de roca), lo cual posiciona al ostión de placer en desventaja comercial. En tanto, los criterios de calidad dados por algunas industrias ostrícolas mexicanas al ostión Japonés y Kumamoto no se adecua al ostión de placer, dado a que estas industrias ofrecen organismos de condición genética triploide, la cual permite que la cantidad de carne sea constante a lo largo del año; difiriendo así del cultivo de *C. corteziensis* ya que la cantidad de carne en este organismo puede variar a lo largo del año en función del ciclo gonádico.

Si bien el índice de condición o la cantidad relativa de carne se ha utilizado para estimar el valor de los moluscos bivalvos (para su explotación y consumo), determinar el tamaño comercial (tanto para la explotación racional y manejo sustentable de las poblaciones naturales), así como como para establecer los costos de producción en cultivo es necesaria la implementación de parámetros biométricos que se adecuen las características del ostión de placer y así establecer su la calidad (Cruz y Villalobos, 1993; Leal-Sepúlveda, 2011).

En la ostricultura de países como Estados Unidos, Canadá, Japón y Francia, la calidad intrínseca del ostión es de gran importancia; en estos países reconocen la forma de la concha

como una valiosa herramienta de mercadotecnia, y establecen lineamientos mediante parámetros biométricos para describir la calidad de la concha como buena o mala de acuerdo a la forma (Imai y Saki, 1961; Brake *et al.*, 2003; Oliveira *et al.*, 2006). Según Brake *et al.* (2003) la morfología de la concha proporciona la primera impresión de la calidad para el consumidor, este autor encontró eficaz la categorización de la forma de la concha (buena y mala) mediante la relación largo y espesor de la concha. Por otro lado, la industria ostrícola francesa establece como criterio de calidad de la carne (cantidad) la relación peso de la carne húmeda y peso del ostión entero (Fleury *et al.*, 2003).

Con base a lo anterior, en este estudio se estimó la calidad del ostión implementando los criterios usados en la industria ostrícola de la costa oeste de Estados Unidos, donde establecen un valor  $>0.25$  (relación largo y espesor de la concha, Figura 6b), a partir del cual la forma del ostión es adecuado conforme a los estándares de calidad requeridos por el mercado (Brake *et al.*, 2003). Asimismo, en cuanto a la calidad concerniente a la cantidad de carne, en este estudio se propone un índice a partir del usado por la industria ostrícola francesa (Fleury *et al.*, 2003). La modificación de este índice consiste en sustituir el peso del ostión entero por el peso de la concha. El índice propuesto en este estudio, se basa en la premisa de que la variabilidad del contenido de líquido intervalvar en el peso del ostión entero se elimina al utilizar el peso de la concha. Además, se fundamenta en la fuerte correlación observada entre el peso de la carne y el peso de la concha ( $r^2 = 0.84$ ,  $p < 0.001$ ) (Figura 6a). De esta manera, para el ostión de placer cultivado en Nayarit, se propone un valor  $>0.25$  (obtenido de la pendiente de la regresión lineal), para categorizar de buena calidad la carne del ostión, en términos de cantidad, asumiendo una proporción de peso promedio 0.25:1.0 carne/concha (g/g).

De esta manera, convencionalmente se establecieron cuatro descriptores de calidad para el ostión *C. corteziensis*: 1) ostiones Alta Calidad (AC), éstos tienen una forma de concha atractiva (IF $>0.25$ ) y cantidad de carne aceptable (ICa $>0.25$ ); 2) ostiones de Media Calidad 1 (MC1), tienen una forma atractiva (IF $>0.25$ ) pero poca carne (ICa $<0.25$ ); 3) ostiones de Media Calidad 2 (MC2), su forma de concha no es atractiva (IF $<0.25$ ) pero tienen cantidad de carne

aceptable ( $ICa > 0.25$ ); 4) ostiones de Baja Calidad (BC), su forma no es atractiva ( $IF < 0.25$ ) y tienen poca carne ( $ICa < 0.25$ ) (Figura 6b).

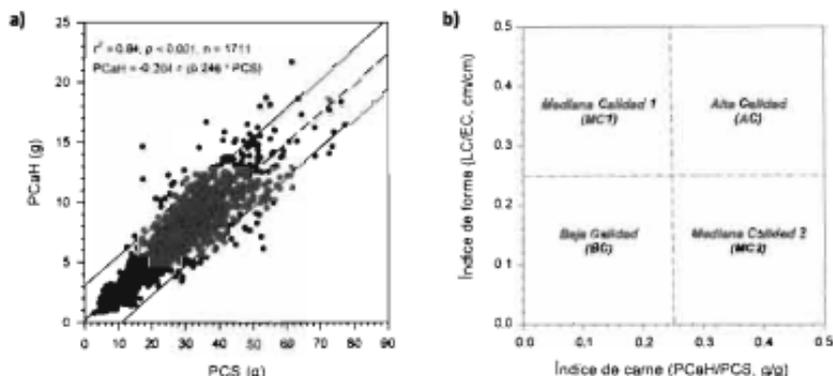


Figura 6. Análisis de regresión lineal entre el peso de la carne húmeda (PCaH) y peso de la concha seca (PCS) (a), y descriptores propuestos para clasificar la calidad de *C. corteziensis* cultivado en Nayarit (b). Los acrónimos en (a) se refieren a las biometrias (LC, largo de la concha; EC, espesor de la concha; PCaH, peso de la carne húmeda; PCS, peso de la concha seca).

De acuerdo a lo anterior, los ostiones del estero Camichín durante 13 meses de engorda presentaron alta calidad en cuanto a su forma. En promedio 83% de los ostiones tuvieron una forma de concha aceptable (AC+MC1), con alto porcentaje de ostiones en este rubro entre mayo y agosto. Sin embargo, en cuanto a la calidad de la carne, ésta fue en general proporcionalmente baja. En promedio 20% de los ostiones tuvieron una cantidad de carne aceptable (AC+MC2). En general, predominaron los ostiones de mediana calidad, los ostiones de MC1 y MC2 conformaron en conjunto 67% durante todo el periodo de engorda. Los ostiones de BC representaron en promedio 15%, en tanto los ostiones de AC constituyeron 18% (Figuras 7 y 8).

En contraste, los ostiones del estero Pozo Chino durante nueve meses de engorda presentaron alta calidad en cuanto a su forma y en cantidad de carne. En promedio 84% de los ostiones tuvieron una forma de concha aceptable, en tanto el 54% una cantidad de carne aceptable, con alto porcentaje de ostiones en ambos rubros durante todo el periodo de

engorda hasta la cosecha (enero-agosto de 2013). Para este estero, los ostiones de AC representaron en promedio 46%, los de MC1 y MC2 alcanzaron un 45%, en tanto los ostiones de BC solo representaron el 9% (Figuras 7 y 8).

La mejor calidad del ostión en cuanto a la forma de la concha y cantidad de carne en ambos esteros se registró de mayo a julio. En contraste los ostiones de baja ciliada, respecto a la calidad de la carne se presentan particularmente en el estero Camichín de agosto a diciembre. En cuanto a la forma de la concha, se sabe que éstos organismos no son uniformes, la morfología de su concha es un rasgo sumamente plástico, y puede ser afectada por diversos factores, tales como: la especie de ostión, tipo de sustrato donde crecen, grado de aglomeración, espibiones, intensidad de las mareas y factores físico-químicos del agua (Lucas y Beninger, 1985; Batista *et al.*, 2008; Manley *et al.*, 2009; Xiong *et al.*, 2010). En cuanto al grado de aglomeración es conocido que la densidad de cultivo afecta a los moluscos bivalvos, como el ostión de placer *C. corteziensis*, debido a que son filtroalimentadores y existe un proceso natural de competencia por espacio y alimento (Ruiz-García, 2006). Además que la cantidad de carne del ostión puede variar en gran medida en función de la actividad metabólica y el ciclo gonádico de estos organismos (Lucas y Beninger, 1985; Batista *et al.*, 2008; Manley *et al.*, 2009; Xiong *et al.*, 2010).

La implementación de los Índices que se propone en este estudio a partir de parámetros biométricos como herramienta "sencilla y barata" que describa la calidad del ostión para su comercialización, permitirá categorizar la calidad del ostión de placer respecto a la forma de la concha y cantidad de carne. De esta manera se obtendrá una fracción de la producción de ostión que puede competir en el mercado nacional e internacional, lo cual repercutirá en un mayor valor de producto y la competitividad en el mercado del Producto Ostión de Nayarit.

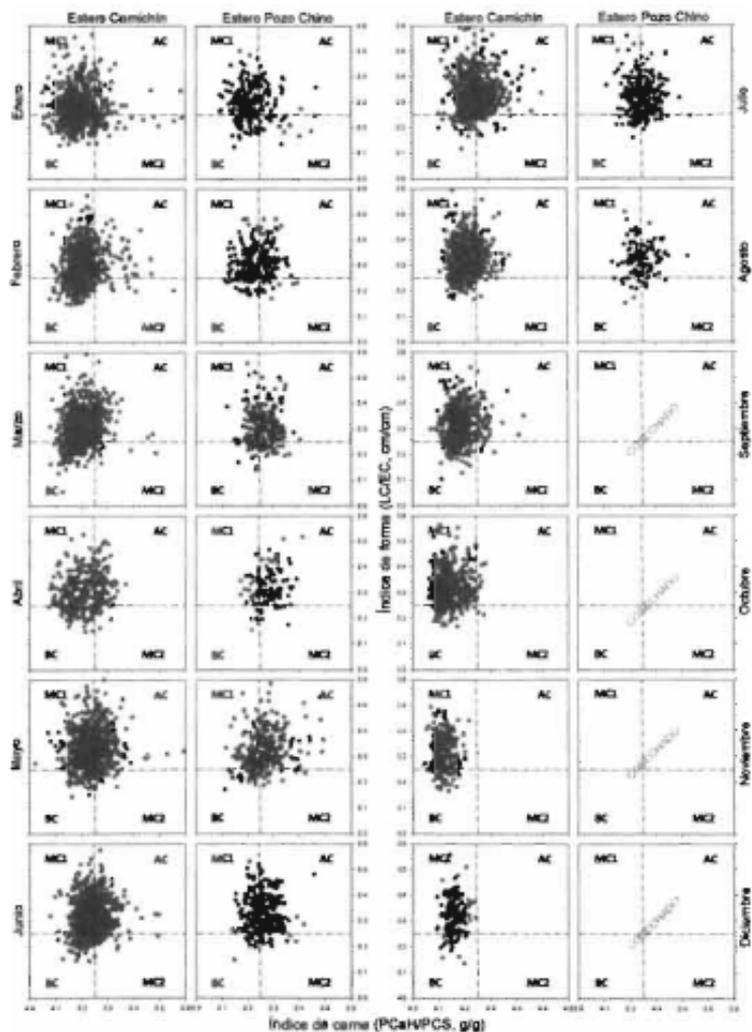


Figura 7. Calidad del ostión cultivado en el estero Camichín (●) y el estero Pozo Chino (●). Las líneas punteadas corresponden al límite inferior de calidad para el índice de forma (0.25 cm) y carne (0.25 g). Los acrónimos se refieren a las biometrías (LC, largo de la concha; EC, espesor de la concha; PCaH, peso de la carne húmeda; PCS, peso de la concha seca) y los descriptores de calidad del ostión (AC, alta calidad; MC1, media calidad 1; MC2, media calidad 2; BC, baja calidad).

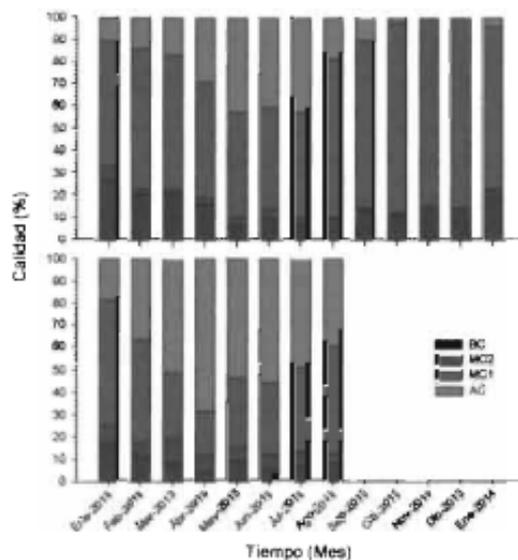


Figura 8. Valor porcentual de la calidad del ostión cultivado en el estero Camichin y el estero Pozo Chino Nayarit. Ciclo de cultivo 2012-2014. Los descriptores de calidad del ostión (AC, alta calidad; MC1, media calidad 1; MC2, media calidad 2; BC, baja calidad).

## 7. CONCLUSIONES

- Las condiciones ambientales del estero Pozo Chino, a lo largo del periodo de estudio, estuvieron en el intervalo adecuado para el crecimiento de *C. corteziensis*; no así para el estero Camichín afectando el crecimiento óptimo del ostión.
- Las tasas de crecimiento de *C. corteziensis* en el estero Camichín y en el estero Pozo Chino son similares a las reportadas para esta especie en otros cuerpos de agua costeros del noroeste de México, donde las condiciones ambientales, el origen de las semillas y técnica de cultivo son diferentes que en Nayarit.
- El índice de condición para el estero Pozo Chino fueron generalmente altos, incluso después de la época de desove, lo cual indica un buen estado fisiológico de la especie en esta zona de cultivo, contrario al estero Camichín el cual mantuvo índices de condición bajos en la mayor parte del ciclo de cultivo.
- En el estero Camichín las relaciones biométricas indicaron un crecimiento alométrico negativo, y que crece en mayor proporción en la dimensión de la concha (alto, ancho y espesor) que en peso (peso de ostión, peso de concha y peso de carne). En tanto, en el estero Pozo Chino el crecimiento es de tipo alométrico, y crecen en mayor proporción en alto, espesor, carne húmeda, y peso del ostión.
- La calidad del ostión del estero Camichín solo fue buena en cuanto a forma y carne en mayo-julio, antes o después de estos meses los ostiones no obtuvieron la cantidad de carne aceptable; contrario al estero Pozo Chino, el cual mantuvo buena calidad en forma y en carne a lo largo del ciclo de cultivo.

## B. REFERENCIAS

- Amin-Nurul By SM, Zafar M, Halim A. 2008. Age, growth, mortality and population structure of the oyster, *Crassostrea madrasensis*, in the Mohezkhali channel (southeastern coast of Bangladesh). *Journal of Applied Ichthyology* 24:18-25.
- Baqueiro CE. 1991. Culture of *Crassostrea corteziensis* in Mexico. In: *Estuarine and Marine Bivalve Mollusk Culture*, CRS Press, Florida: 113-118 pp.
- Baqueiro-Cárdenas E. 1984. Status of molluscan aquaculture on the Pacific coast of Mexico. *Aquaculture* 39:83-93.
- Batista FM, Ben-Hamadou R, Fonseca VG, Taris N, Ruano F, Reis-Henriques MA, Boudry P. 2008. Comparative study of shell shape and muscle scar pigmentation in the closely related cupped oysters *Crassostrea angulata*, *C. gigas* and their reciprocal hybrids. *Aquatic Living Resources* 21:31-38.
- Blanco JM, Correa-Magallanes. 2011. Diagnóstico funcional de marismas nacionales. Primera edición. NGA diseño, Guadalajara, Jalisco. 189 pp.
- Brake J, Evans F, Langdon C. 2003. Is beauty in the eye of the beholder? development of a simple method to describe desirable shell shape for the Pacific oyster industry. *Journal of Shellfish Research* 22:767-771.
- Buestel D, Ropert M, Prou J, Goulletquer P. 2009. History, status, and future of oyster culture in France. *Journal of Shellfish Research* 28:813-820.
- Buitrago E, Buitrago J, Freitas L, Lodeiros C. 2009. Identificación de factores que afectan al crecimiento y la supervivencia de la ostra de mangle, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), bajo condiciones de cultivo suspendido en la laguna de La Restinga, Isla de Margarita Venezuela. *Zootecnia Tropical* 27:79-90.
- Cáceres-Martínez J, Vásquez-Yeomans R, Padilla-Lardizábal G, Del Rio-Portilla M. 2008. *Perkinsus marinus* in pleasure oyster *Crassostrea corteziensis* from Nayarit, Pacific coast of México. *Journal of Invertebrate Pathology* 99:66-73.
- Cáceres-Martínez J, Vásquez-Yeomans R. 2013. Diseases, parasites and mortality episodes of commercially important oysters in Mexico and their production implications. *Ciencia Pesquera* 21:5-48.
- Cáceres-Martínez J, Vásquez-Yeomans R. 2014. Manual de Buenas Prácticas para el Cultivo de Moluscos Bivalvos. OIRSA-OSPECSA. 117 pp.
- Cáceres-Puig JI, Abasolo-Pacheco F, Mazón-Suastegui JN, Maeda-Martínez AN, Saucedo PE. 2007. Effect of temperature on growth and survival of *Crassostrea corteziensis* spat during late-nursery culturing at the hatchery. *Aquaculture* 272:417-422.
- Calvario-Martínez O, Lechuga-Devéze CH, Sánchez-Rodríguez MA. 2014. Establishing management strategies for Boca de Camichin estuarine system using nutrient carrying capacity. *Fisheries management of Mexican and central American estuaries. Estuaries of the World* 51:66 pp.
- Castillo-Durán A, Chávez-Villalba J, Arreola-Lizárraga A, Barraza-Guardado R. 2010. Comparative growth, condition, and survival of juvenile *Crassostrea gigas* and *C. corteziensis* oysters cultivated in summer and winter. *Ciencias Marinas* 36:29-39.

- CESANAY. 2011. Comité Estatal de Sanidad Acuícola del Estado de Nayarit A. C. Directorio actual de las unidades de producción ostrícola. <http://www.cesanay.com/GRANJAS%20MOLUSCOS.pdf>
- CESANAY. 2014. Comité Estatal de Sanidad Acuícola del Estado de Nayarit A. C. Programa Moluscos. <http://www.cesanay.com/moluscos.php>.
- Chávez-Villalba J, Hernández-Ibarra A, López-Tapia MR, Mazon-Suastegui JM. 2008. Prospective culture of the Cortez oyster *Crassostrea corteziensis* from northwestern Mexico: growth, gametogenic activity, and condition index. *Journal of Shellfish Research* 27:711-720.
- Chávez-Villalba J, López-Tapia M, Mazoón-Suástegui J, Robles-Mungaray M. 2005. Growth of the oyster *Crassostrea corteziensis* (Hertlein, 1951) in Sonora, Mexico. *Aquaculture Research* 36:1337-1344.
- COFUPRO. 2007. Evaluación y caracterización de los paquetes tecnológicos para mejorar localidad y productividad en granjas comerciales de ostión (*Ostrea* spp). Ficha Técnica Ostión, Sector Acuicultura y Pesca, Cadena Productiva: Ostión. Fundación Produce Nayarit, A. C <http://www.cofupro.org.mx/cofupro/publicaciones.php?publicaciones=985>.
- CONAPESCA. 2012. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca Edición 2011. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca, México. 305 pp.
- CONAPESCA. 2013. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca Edición 2013. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca, México. 299 pp.
- CONAPESCA. 2014. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. [http://www.conapesca.sagarp.gob.mx/wb/cona/anuario\\_2013](http://www.conapesca.sagarp.gob.mx/wb/cona/anuario_2013). Consultada 02 enero 2015.
- Cortés-Guzmán. 1978. Identificación y cuantificación de las larvas pediveliger de *Crassostrea corteziensis* Hertlein y balánidos en el plancton de dos esteros de San Blas, Nayarit, Pacífico de México. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México*, 8:67-74.
- Crosby MP, Gale LD. 1990. A review and evaluation of bivalve condition index methodologies with a suggested standard method. *Journal of Shellfish Research* 91:233-237.
- Cruz-Soto R, Villalobos-Solé C. 1993. Monthly changes in tissue weight and biochemical composition of the mussel *Mytella guyanensis* (Bivalvia: Mytilidae) in Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 31: 175-179.
- Cuevas-Guevara CA, Martínez-Guerrero A. 1978. Estudio gonádico de *Crassostrea corteziensis* Hertlein, *C. Palmula* Carpenter y *C. iridescens* Hanley, de San Blas, Nayarit, México (Bivalvia; Ostreidae). *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México*, 6:81-98.
- Enríquez-Ocaña LF, Nieves-Soto M, Piña-Valdez P, Martínez-Cordova LR, Medina-Jasso MA. 2012. Evaluation of the combined effect of temperature and salinity on the filtration, clearance rate and assimilation efficiency of the mangrove oyster *Crassostrea corteziensis* (Hertlein, 1951). *Archives of Biological Sciences* 64:479-488.
- FAO. 2012. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2012. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura, departamento de pesca y acuicultura. Roma, 2012. 231 pp.

- Fleury PG, Simonne C, Claude S, Palvadeau H, Guilpain F, D'Amico F, Le Gall P, Vercelli C, Pien S. 2003. Réseau mollusques des rendements aquacoles (huître creuse) (REMORA): résultats des stations nationales, année 2002. Rapport IFREMER DRV/RA-/RST/2003-04. 49 pp.
- Frias-Espéricueta MG, Osuna-López JL, Páez-Osuna F. 1999. Gonadal maturation and trace metals in the mangrove oyster *Crassostrea corteziensis*: seasonal variation. *The Science of the Total Environment* 231:115-123.
- Froese R, Athanassios CT, Konstantinos IS. 2011. Editorial note on weight-length relations of fishes. *Acta Ichthyologica Et Piscatoria* 41(4): 261-263.
- Froese R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* 22(4): 241-253.
- García-Carmona JB. 2003. Proyecto de instalación de una planta procesadora de alimentos marinos de mujeres pescadoras ostrícolas de la Boca de Camichín "Marismas S.P.R.". Universidad Autónoma de Nayarit, Centro Multidisciplinario de Investigación Científica. 115 pp.
- Gaspar MB, Santos MN and Vasconcelos P. 2001. Weight-length relationships of 25 bivalve species (Mollusca: Bivalvia) from the Algarve coast (southern Portugal). *Journal of the Marine Biological Association UK*. 81:805-807.
- Góngora-Gómez AM, García-Ulloa M, Hernández-Sepúlveda JA, Domínguez-Orozco AL. 2012. Crecimiento del ostión *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1795) cultivado en el estero La Piedra, Sinaloa, México. *Avances en Investigación Agropecuaria* 16(2):91-104.
- Gosling E. 2003. Bivalve molluscs. *Biology, Ecology and Culture*. Blackwell Publishing, Oxford. 443 pp.
- Guzmán-Agüero JE, Nieves-Soto M, Hurtado MA, Piña-Valdez P, Garza-Aguirre MC. 2012. Feeding physiology and scope for growth of the oyster *Crassostrea corteziensis* (Hertlein, 1951) acclimated to different conditions of temperature and salinity. *Aquaculture International* 21(2):283-297.
- Haws M, Rojas-Umaña A. 2006. Salud, ambiente y acuicultura en la costa Pacífica de México. centro de acuicultura y manejo costero del Pacífico, Universidad de Hawaii Hilo, 149 pp.
- Heath PL, Wilson JH. 1999. Assessment of Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg), size and quality using a computer based shape analysis technique. *Aquaculture Research* 30, 299-303.
- Hertlein LG. 1951. Description of two new species of marine pelecypods from west Mexico. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences* 50(2):68-75.
- Imai T, Sakai S. 1961. Study of breeding of Japanese oyster, *Crassostrea gigas*. *Tohoku Journal of Agricultural Research* 12:125-171.
- INEGI. 2012. Perspectiva Estadística Nayarit. Junio 2012. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 89 pp.
- Keen AM. 1971. Sea shells of tropical west American marine mollusks from Baja California to Peru. Second edition, Stanford University Press, Stanford, California, 1064 pp.
- Lavoie RE. 2009. Oyster Culture in North America: history, present and future. Proceedings of the 1st and 2nd international oyster symposiums. *Oyster Research Institute News No.24*. pp 14-20.

- Le Cren ED. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Percafluviatilis*). *Journal of Animal Ecology* 20(2): 201-219.
- Leal-Sepúlveda AL. 2011. Efecto de la estación y densidad de siembra en el crecimiento e índice de condición fisiológica del ostión de placer *Crassostrea corteziensis* cultivado en Guasave, Sinaloa. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional.
- Loosanoff VL y Davis HC. 1950. Rearing of bivalve mollusk. U. S. Bureau of Commercial Fisheries, Biological Laboratory. 130 pp.
- Lucas A, Beninger PG. 1985. The use of physiological condition indices in marine bivalve aquaculture. *Aquaculture* 44:187-200.
- MacKenzie Jr. CL, Wakida-Kusunoki AT. 1997. The oyster industry of Eastern Mexico. *Marine Fisheries Review* 59:1-13.
- Maeda-Martínez AN. 2008. Estado actual del cultivo de bivalvos en México. En Lovatelli A, Fariás A, Uriarte I, (eds.). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller técnico regional de la FAO. 20-24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. FAO Actas de pesca y acuicultura. No. 12. Roma, FAO. 91-100 pp.
- Manley J, Power A, Walker RL. 2009. Comparison of techniques for off-bottom culture of the eastern oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791), in Georgia. Occasional papers of the University of Georgia Marine extension service. vol. 6. 18 pp.
- Mazón-Suástegui JM, Robles-Mungaray M, Avilés-Quevedo S, Flores-Higuera F, Monsalvo-Spencer P&M, Osuna-García M. 2001. Cultivo de ostión de placer nativo *Crassostrea corteziensis* en el área de influencia de una granja camarонера. En: Sagarpa-Conapesca (Eds.). Memorias del Simposium Internacional de Acuicultura; 4-7 dic. 2001. Guasave, Sinaloa. México. 9 pp.
- Mazón-Suástegui JM, Ruiz-García MC, Chávez-Villalba J, Rodríguez-Jaramillo C, Saucedo PE. 2011. Analysis of growth and first reproduction of hatchery-reared juvenile Cortez oyster (*Crassostrea corteziensis*) in northwestern Mexico: proposal of a minimal fishing size. *Aquaculture Research* 42:1558-1568.
- Melchor-Aragón JM, Ruiz-Luna A, Terrazas-Gaxiola R, Acosta -Castañeda C. 2002. Mortalidad y crecimiento del ostión de roca, *Crassostrea iridescens* (Hanley, 1854), en San Ignacio, Sinaloa, México. *Ciencias Marinas* 28 (2).
- Nell JA. 2001. The history of oyster farming in Australia. *Marine Fisheries Review* 63:14-25.
- Norma Mexicana NMX-FF-001-SCFI-2009 PRODUCTOS DE LA PESCA Y LA ACUICULTURA-OSTIÓN EN CONCHA VIVO (LITORAL PACÍFICO)- ESPECIFICACIONES.
- Oliveira AC, Himelbloom B, Crapo CA, Vorholt C, Fong Q, Ralonde R. 2006. Quality of Alaskan Maricultured Oysters (*Crassostrea gigas*): A one-year survey. *Journal of Food Science* 71:532-543.
- Páez-Osuna F, Zazueta-Padilla HM, Izaguirre-Fierro G. 1991. Trace metals in bivalves from Navachiste lagoon, México. *Marine Pollution Bulletin* 22:305-307.
- Parsons TR, Maita Y, Lalli CM. 1984. A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. Pergamon Press. Oxford. 173 pp.
- Pérez-Enríquez R, Ávila S, Ibarra AM. 2008. Population genetics of the oyster *Crassostrea corteziensis* in the Gulf of California. *Ciencias Marinas* 34:479-490.

- Polanco TE, Fernández PJM, Ruesga BSM. 2002. Impulso desarrollo y potenciación de la ostricultura en España. Fundación Alfonso Martínez Escudero. 1er edición. España 294pp.
- Ricker W. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Department of the environment, fisheries and marine services, pacific biological station. Bulletin Fisheries Research. Board of Canada. 191: 382 pp.
- Rodríguez-Jaramillo C, Hurtado MA, Romero-Vivas E, Ramírez JL, Manzano M, Palacios E. 2008. Gonadal development and histochemistry of the tropical oyster, *Crassostrea corteziensis* (Hertlein, 1951) during an annual reproductive cycle. Journal of Shellfish Research 27:1129-1141.
- Rodríguez-Romero F, García-Saez C, Laguarda-Figueras A. 1988. Electrophoretic pattern variation in two oyster populations of *Crassostrea corteziensis* from the Mexican coast. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. 15:177-184.
- Romo ML, Ortiz-Pérez MA. 2001. Riesgo de inundación en la llanura fluvial del curso bajo del río San Pedro, Nayarit. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, 45:7-23.
- Ruiz-García. 2006. Efecto de la densidad y fecha de siembra en el crecimiento de ostión de placer *Crassostrea corteziensis* en Bahía Agiabampo, Sonora. Tesis de Licenciatura. Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora. 74 p.
- SEMARNAT. 2011. Granja de Engorda Intensiva de Ostión "PUENTE DE OSTION". Manifestación de impacto ambiental. <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/tab/.../27TA2008PD033.pdf>.
- Sokal RR, Rohlf FJ. 1995. Biometry: the principles and practices of statistics in biological research. 3rd edition. W. H. Freeman and Co.: New York. 887 p.
- SOL AZUL, S.A. DE C.V. 2013. Nuestros ostiones. Productos. <http://www.solazul.com.mx/site/pedidos/tipos-de-ostion/>. Consultada el 31 octubre 2015.
- Stuardo J, Martínez-Guerrero A. 1975. Relaciones entre algunos factores ecológicos y la biología, de poblaciones de *Crassostrea corteziensis* Hertlein, 1951, de San Blas, Nayarit, México. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México, 2:89-130.
- Walne PR, Mann R. 1975. Growth and biochemical composition in *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas*. In: Barnes H. (Ed.), Proceedings of the 9th European Marine Biological Symposium. Aberdeen University Press. pp. 587-607.
- Xiong G, Lee DJ, Moon KR, Lane RM. 2010. Shape similarity measure using turn angle cross-correlation for oyster quality evaluation. Journal of Food Engineering 100:178-186.
- Zar JH. 1984. Biostatistical analysis. 2nd. Ed. Prentice Hall International, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey. 718 pp.

