



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
UNIDAD SINALOA



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

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRIA EN
RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE

PRESENTA

ANA LUISA LEAL SEPÚLVEDA

GUASAVE, SINALOA, MÉXICO, DICIEMBRE DE 2011



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de Guasave, Sinaloa el día 11 del mes de Noviembre del año 2011, el (la) que suscribe Ana Luisa Leal Sepúlveda alumno (a) del Programa de Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente con número de registro B091675, adscrito a CIIDIR-SINALOA, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Doctor Wenceslao Valenzuela Quiñónez y el Maestro en Ciencias Andrés Martín Góngora Gómez cede los derechos del trabajo titulado "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", al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación. Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección annyjob@hotmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Ana Luisa Leal Sepúlveda

Nombre y Firma



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

SIP-13

*ACTA DE REGISTRO DE TEMA DE TESIS
Y DESIGNACIÓN DE DIRECTOR DE TESIS*

Guasave, Sin. a 10 de Diciembre del 2009

El Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR-Sinaloa en su sesión ordinaria No. 12 celebrada el día 10 del mes de Diciembre conoció la solicitud presentada por el(la) alumno(a):

<u>LEAL</u>	<u>SEPÚLVEDA</u>	<u>ANA LUISA</u>
Apellido paterno	Apellido materno	
Nombre (s)		

Con registro:

B	0	9	1	6	7	5
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de:

1.- Se designa al aspirante el tema de tesis titulado:
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

De manera general el tema abarcará los siguientes aspectos:
A partir del cultivo del ostión de placer *Crassostrea corteziensis* durante un ciclo, se determinará el efecto de la estación y la densidad de siembra en el crecimiento, Índice de condición fisiológica y supervivencia de esta especie en el estero La Pitahaya, Guasave, Sinaloa.

2.- Se designa como Director de Tesis al C. Profesor:
Dr. Wenceslao Valenzuela Quiñónez y M. en C. Andrés Martín Góngora Gómez

3.- El trabajo de investigación base para el desarrollo de la tesis será elaborado por el alumno en:
Las instalaciones del CIIDIR-Unidad Sinaloa y en el estero La Pitahaya, Guasave, Sinaloa
que cuenta con los recursos e infraestructura necesarios. SIP-CECYT 60,000

4.- El interesado deberá asistir a los seminarios desarrollados en el área de adscripción del trabajo desde la fecha en que se suscribe la presente hasta la aceptación de la tesis por la Comisión Revisora correspondiente:

El Director de Tesis

Dr. Wenceslao Valenzuela Quiñónez

El Director de Tesis

M. en C. Andrés Martín Góngora Gómez

El Aspirante

Ana Luisa Leal Sepúlveda

El Presidente del Colegio

Dr. Jesús Méndez Lozano



CIIDIR - IPN
UNIDAD SINALOA



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Guasave siendo las 11:00 horas del día 11 del mes de Noviembre del 2011 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR-Sinaloa para examinar la tesis titulada: "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"

Presentada por el alumno:

LEAL

Apellido paterno

SEPÚLVEDA

Apellido materno

ANA LUISA

Nombre(s)

Con registro:

B	0	9	1	6	7	5
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

MAESTRÍA EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

Dr. Wenceslao Valenzuela Quiñónez

M en C. Andrés Martín Góngora Gómez

Dr. Teresa Leticia Espinosa Carreón

Dr. Antonio Luna González

Dr. Cipriano García Gutiérrez

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

Dr. Jorge Montiel Montoya



CIIDIR - IPN
UNIDAD SINALOA

AGRADECIMIENTOS

A mis directores de tesis el Dr. Wenceslao Valenzuela Quiñónez y el M en C. Andrés Martín Góngora Gómez por excelente dirección. A mis revisores que me orientaron y enriquecieron día a día este trabajo la Dra. Teresa Leticia Espinosa Carreón, el Dr. Antonio Luna González y el Dr. Cipriano García Gutiérrez.

A mis compañeros y amigos de Maestría Brenda, Martín, Lizeth, Fátima y Vanessa y al maestro y gran amigo Andrés gracias por todos los momentos inolvidables que compartimos en cada uno de los muestreos y cada día que pasamos juntos.

A la maestra Ana Elsi Ulloa Pérez por su amistad y apoyo en la determinación de nutrientes y demás trabajo de laboratorio.

Al Biol. Alejandro Nolzco Orta por las facilidades y atenciones para realizar el cultivo experimental en la granja ostrícola.

Al CONACYT por el otorgamiento de la beca de posgrado con clave CVU 332360.

Al IPN por la beca institucional otorgada y al Programa Integral de Fortalecimiento Institucional (PIFI) del Instituto Politécnico Nacional. Mis más sinceros agradecimientos.

El trabajo de tesis se desarrolló en el Departamento de Acuacultura del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) Unidad Sinaloa del Instituto Politécnico Nacional (IPN). El presente trabajo fue apoyado económicamente a través de los proyectos:

Crecimiento y sobrevivencia del callo de hacha *Atrina maura* en un sistema de cultivo “parques o encierros” en la ensenada La Palmita, Navolato, Sinaloa. Con número de registro asignado SIP: 20090453.

Efecto de la densidad de siembra en el cultivo del callo de hacha *Atrina maura* en la ensenada La palmita, Navolato, Sinaloa. Con número de registro asignado SIP: 20100618.

Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento y supervivencia del ostión japonés *Crassostrea gigas* cultivado en el estero La Pitahaya Guasave, Sinaloa. Con número registro asignado SIP: 20113719.

DEDICATORIA

A Dios por haber escuchado mis peticiones cuando me sentí desesperada y que no podía más, porque siempre puso a alguien a mi lado que me alentara a alcanzar mis metas y sueños, por haberme dado la oportunidad de vivir esta nueva etapa en mi vida y en mi preparación profesional, que hoy logro alcanzar.“ Mi Maestría”

A mis padres, Jorge Antonio Leal y Zenaida Sepúlveda Lara que han sido mis eternos compañeros en cada etapa de mi vida, por su amor, motivación y por su apoyo incondicional, toda una vida no me sería suficiente para agradecer todo lo que hacen por mí.

A mis hermanos Iveth, Jorge, y Evelyn por su apoyo incondicional y comprensión por tanto tiempo que no he estado con ustedes.

A mi esposo José de Jesús por su apoyo y confianza, porque ha sido mi gran compañero, amigo, confidente y por demostrarme su amor en todo momento, a mi pequeña princesa Carolina dedico con todo mi amor el esfuerzo de este trabajo, el cual redujo muchas horas de convivencia entre nosotras,

Además quiero agradecer a mi segunda familia, mis suegros, cuñados y a todas las personas que me han apoyado incondicionalmente y que hoy comparten conmigo un logro más en mi vida.

CONTENIDO

Dedicatoria	
Agradecimientos	
ÍNDICE	viii
GLOSARIO.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE CUADROS	xvii
RESUMEN	xviii
ABSTRACT	xix
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Generalidades de los moluscos	5
1.2. Posición taxonómica del ostión de placer <i>Crassostrea corteziensis</i>	6
1.3. Descripción de la especie de estudio	7
1.4. Distribución geográfica y hábitat del ostión de placer	8
1.5. Distribución de la familia <i>Ostreidae</i> en las costas de México	9
1.6. Características biológicas de las ostras	10
1.6.1. Ciclo biológico	11
1.6.2. Reproducción	12
1.6.3. Desarrollo embrionario y larvario.....	13
1.6.4. Vida bentónica.....	14
1.7. Depredadores, parásitos o competidores.....	14
1.8. Características de una ostra de buena calidad	15
II. ANTECEDENTES	16

III. JUSTIFICACIÓN	19
IV. HIPÓTESIS.....	20
V. OBJETIVOS.....	20
V.1. Objetivo general.....	20
V.2. Objetivos específicos	20
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
VI.1. Área de estudio.....	22
VI.2. Cultivo experimental.....	24
VI.2.1. Sistema de cultivo	24
VI.2.2. Obtención de semillas.....	24
VI.2.3. Aclimatación y siembra de semillas	25
VI.3. Manejo experimental.....	27
VI.3.1. Mantenimiento de los módulos de cultivo	28
VI.3.2. Variables físicas	28
VI.3.3. Variables químicas.....	28
VI.4. Trabajo de laboratorio.....	29
VI.5. Variables microbiológicas	31
VI.6. Parámetros biológicos.....	32
VI.6.1. Supervivencia y mortalidad	32
VI.6.2. Crecimiento.....	33
VI.7. Índice de condición fisiológica.....	33
VI.8. Análisis estadístico	34
VII. RESULTADOS.....	35
VII.1. Variables físicas del agua	35

VII.2. Variables químicas.....	38
VII.2.1. Nutrientes.....	38
VII.2.2. Clorofila-a, seston orgánico e inorgánico	41
VII.2.3. Tasa de crecimiento, supervivencia e índice de condición fisiológica.....	47
VII.2.4. Variables microbiológicas	51
VIII. DISCUSIONES	53
IX. CONCLUSIONES	63
X. BIBLIOGRAFÍA	64

GLOSARIO

Bivalvo. Clase de moluscos cuya concha está formada por dos valvas unidas entre sí, por una articulación con dientes también llamados pelecípodos o lamelibranquios.

Calidad del agua. Las características físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, que afectan la capacidad del agua para sustentar tanto a las comunidades humanas como la vida vegetal y animal se define como la relación cuantitativa entre la densidad del indicador y el riesgo potencial de su uso

Clorofila. Pigmento común de todos los organismos fotosintéticos, constituye alrededor del 4% de masa seca del cloroplasto y es soluble en alcohol, éter, benceno y acetona. Absorbe todas las longitudes de onda de la luz visible excepto el verde. Están compuestos de una “cabeza” de porfirina y una cadena de fitol larga. El núcleo polar de porfirina (parte soluble) está compuesto de un anillo tetrapirrol y un átomo de magnesio (C₂₀H₃₉OH).

Coliformes totales. Bacterias en forma de bastón, los organismos coliformes son Gram-negativos, no esporulados, oxidasa-negativos, las cuales son capaces de crecimiento aerobico y anaerobio facultativo en presencia de sales biliares (o bien otros agentes activos de superficie con similares propiedades inhibitorias del crecimiento). Son también capaces de fermentar la lactosa (y el manitol) con producción de ácido, gas y aldehído en un lapso de 48 horas, cuando son incubadas de 35 °C a 37 °C, tienen las mismas propiedades fermentativas en un periodo de 24 horas, tanto a 44 °C ± 0,25 °C como a 44,5 °C ± 0,25 °C.

Coliformes termotolerantes (fecales). Organismos capaces de crecimiento aerobio tanto a 35 °C ± 0,5 °C como a 37 °C ± 0,5 en un medio líquido de lactosa, con producción de ácido y gas en un período de 48 horas. Presentan las mismas propiedades fermentativas y bioquímicas cuando se incuban a temperatura de 44 °C ± 0,5 °C.

Cómatas. Órgano o parte con forma de diente pequeño (dentículo).

Disco de Secchi. Dispositivo que permite establecer la extinción media de luz en el agua; es un disco blanco de 30 cm de diámetro que se introduce mediante una cuerda hasta que el disco desaparezca del campo visual.

Disoconcha. Concha en bivalvos, secretada después de la metamorfosis de la larva; difiere en escultura y forma de la concha larval.

Endémico. Especie vegetal o animal que vive y se reproduce concretamente en una zona geográfica determinada.

Estuario. Desembocadura de un río que se caracteriza por tener una forma semejante al corte longitudinal de un embudo, por la influencia de las mareas en la unión de las aguas fluviales con las marítimas.

Euritérmica. Término que se aplica a los organismos acuáticos que toleran amplias variaciones de temperatura.

Fitoplancton. Comprende a la mayoría de algas microscópicas autótrofas que habitan las aguas superficiales del océano, estuarios, lagos y estanques. Está compuesto de una gran variedad de microalgas, las diatomeas (clase Bacillariophyceae) y los dinoflagelados (clase Dinophyceae) son conspicuos en ambientes marinos, de agua dulce y estuarinos. Los Cocolitoforidos (clase Haptophyceae) son también productores primarios importantes en algunas áreas marinas, pero no se presentan en aguas dulces. El fitoplancton de agua dulce contiene algas de otras clases que no están presentes o son raras en ambientes oceánicos. Estos incluyen a las clorofitas (clase Chlorophyceae), las euglenofitas (clase Euglenophyceae), y miembros de la clase Prasinophyceae.

Índice de condición. El índice de condición o la cantidad relativa de un tejido en los bivalvos, se han asociado generalmente a la reproducción y disponibilidad de alimento, siendo los tejidos de buena calidad de aspecto cremoso, y los de baja calidad translúcidas con alto contenido de agua. En algunas especies de mitílidos estos índices han sido usados para estimar el valor del organismo para su explotación y consumo, siendo por lo general proporcionales con la talla.

Nutrientes. Compuestos inorgánicos que se encuentran en forma asimilable para las microalgas y son esenciales para la producción de materia orgánica en el medio acuático.

Seston. Incluye al plancton vivo (fitoplancton, zooplancton, bacterias, levaduras y hongo), detritus orgánico y partículas inorgánicas.

Supervivencia. Prolongación o continuidad de la existencia. Conservación de la vida especialmente cuando es a pesar de una situación.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. a) Ostión de placer <i>C. corteziensis</i> . b) Anatomía externa del ostión	7
Figura 2. Distribución geográfica del ostión de placer <i>C. corteziensis</i>	8
Figura 3. Distribución geográfica de la familia <i>Ostreidae</i> en México	10
Figura 4. Fases de desarrollo larval de <i>Crassostrea gigas</i>	13
Figura 5. Ciclo biológico de <i>C. gigas</i> . Fuente: Horst, 2003	14
Figura 6. Características de las ostras de buena calidad para el consumo	15
Figura 7. Localización geográfica del área de cultivo de <i>C. corteziensis</i> en el estero “La Pitahaya”, Guasave, Sinaloa.....	23
Figura 8. Sistema de cultivo de línea suspendida o “Long-line” en inglés	24
Figura 9. a) Obtención de semillas. b) Semillas de ostión.....	25
Figura 10. a) Transporte de semillas. b) Aclimatación de semillas.....	25
Figura 11. a) División del lote de semillas para la siembra. b) Formación de módulos	26
Figura 12. a) Sistema suspendido de línea larga en el estero La Pitahaya. b) Crecimiento y engorda de organismos.....	27
Figura 13. Densidades utilizadas. a) Densidad de 14 organismos por canasta, b) Densidad 28 organismos por canasta, c) Densidad 42 organismos por canasta.	27
Figura 14. Crecimiento promedio en altura (mm) de <i>Crassostrea corteziensis</i> cultivado a diferentes densidades 14, 28 y 42 organismos/canasta, en relación a los parámetros físicos de temperatura del agua, salinidad y oxígeno	36

Figura 15. Temperatura del agua, respecto al crecimiento en altura (UDE) de <i>Crassostrea corteziensis</i> cultivado a tres densidades 14, 28 y 42 organismos/canasta	38
Figura 16. Variación de la concentración de nutrientes como nitrógeno inorgánico disuelto (NID), Silicato reactivo (SiO ₃) y fosforo reactivo (PO ₄), en el estero La Pitahaya, Guasave, Sinaloa	39
Figura 17. Distribución de la concentración de clorofila-a, seston orgánico (SO) y seston inorgánico (SI) durante el periodo de enero de 2010 a febrero de 2011, en el estero La Pitahaya, Guasave, Sinaloa, México	42
Figura 18. Variación de la razón, seston inorgánico/seston orgánico (SI/SO) durante el periodo de enero de 2010 a febrero de 2011, en el estero La Pitahaya, Guasave, Sinaloa, México	42
Figura 19. Relación del crecimiento (mm) en las tres densidades (14, 28 y 42 organismos) con la clorofila-a y seston orgánico como disponibilidad de alimento en cultivo experimental.....	43
Figura 20. Crecimiento promedio en altura (\pm error estándar) del ostión de placer <i>Crassostrea corteziensis</i> cultivado a tres densidades (14, 28 y 42 organismos por canasta) en el estero La Pitahaya Guasave, Sinaloa.....	45
Figura 21. Relación del índice de condición fisiológica con la clorofila-a y seston orgánico como disponibilidad de alimento.....	46
Figura 22. Índice de condición (\pm ES) del ostión de placer <i>Crassostrea corteziensis</i> cultivado a tres densidades (14, 28 y 42 organismos/canasta) en el estero La Pitahaya, Guasave, Sinaloa	47
Figura 23. Tasa de crecimiento mensual en altura (mm) de <i>Crassostrea corteziensis</i> cultivado a diferentes densidades 14, 28 y 42 organismos/canasta en el estero La Pitahaya, Guasave Sinaloa	48

Figura 24. Supervivencia final de *Crassostrea corteziensis* cultivado a densidad de 14, 28 y 42 organismos/canasta durante un ciclo de cultivo en el estero La Pitahaya, Guasave, Sinaloa49

Figura 25. Relación del índice de condición fisiológica (ICF) con la supervivencia del ostión de placer *C. corteziensis* en las tres densidades se muestra la medias \pm error estándar**50**

Figura 26. Relación del índice de condición fisiológica con la tasa de crecimiento del ostión de placer *C. corteziensis* se muestra la media \pm error estandar**51**

Figura 27. Variación de la concentración de coliformes fecales y totales (NMP/100 ml) durante el cultivo de *C. corteziensis* en el estero La Pitahaya, Guasave, Sinaloa**52**

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Correlaciones de Spearman entre el crecimiento y las variables físicas (Temperatura del ambiente y agua, Oxígeno disuelto, salinidad, pH, Silice y Clorofila-a en el estero La Pitahaya, Guasave, Sinaloa	37
Cuadro 2. Correlación de Spearman entre el crecimiento (mm) y las variables químicas de nitrógeno inorgánico disuelto (NID), fosfatos (PO ₄) y Silicatos (SiO ₃) en el estero La Pitahaya, Guasave, Sinaloa	40
Tabla 3. Clasificación del nivel trófico de cuerpos de agua de Ignatiades <i>et al.</i> , 1992 en referencia a la concentración de compuestos nitrogenados y fosfatos en ambientes lagunares	40
Cuadro 4. Coeficiente de correlación del crecimiento (mm) del ostión <i>Crassostrea corteziensis</i> cultivado a tres densidades 14, 28 y 42 organismos/canasta con el seston orgánico e inorgánico y clorofila-a (mg L ⁻¹) ambos como disponibilidad de alimento.....	43
Cuadro 5. Coeficiente de correlación del índice de condición (ICF en %) del ostión <i>Crassostrea corteziensis</i> cultivado a tres densidades 14, 28 y 42 organismos/canasta con el seston orgánico e inorgánico y clorofila-a (mg Cl-a m ⁻³) ambos como disponibilidad de alimento	46
Cuadro 6. Coeficiente de correlación entre el índice de condición fisiológica (ICF %), tasa de crecimiento (mm) y supervivencia (%) del ostión de placer <i>C. corteziensis</i> .	50

RESUMEN

La búsqueda de especies nativas de bivalvos con potencial para la acuicultura constituye un reto a nivel mundial, una de las especies alternativas de cultivo es la ostra de placer *Crassostrea corteziensis* (Hertlein 1951), la cual tiene un alto potencial acuícola para el Pacífico tropical de México y Centroamérica, razón por la cual es importante establecer la densidad de siembra para optimizar los cultivos, permitiendo un mejor manejo y control en el crecimiento del organismo hasta su talla comercial. Se realizó un cultivo experimental en el estero La Pitahaya, Guasave, Sinaloa, la siembra se realizó en el mes de enero de 2010, a partir de semillas producidas en laboratorio. Se evaluaron densidades de 14, 28 y 42 organismos por canasta ostrícola, tomando como indicadores el crecimiento en altura, supervivencia de los organismos, el índice de condición fisiológica y su relación con la disponibilidad de alimento y los factores físico-químicos del agua. En el sitio de cultivo la temperatura del mar presentó una variación estacional con valores mínimos en invierno y máximos en verano, (18.5 a 32.5 °C), salinidad de 25 a 39.5 mg L⁻¹, concentraciones de oxígeno disuelto de 5.3 a 8.63 mg L⁻¹. El cultivo tuvo una duración de trece meses, para la densidad de 14 organismos por canasta Nestier se obtuvieron ostiones de 77.38 ± 1.08 mm (media y error estándar), la de 28 una talla de 85.55 ± 1.29 mm y la de 42 fue de 82.10 ± 1.41 mm, el crecimiento de los organismos cultivados en la densidad de 14 por canasta fue significativamente menor ($P < 0.05$) que las densidades de 28 y 42 organismos por canasta. Estos resultados sugieren la posibilidad de obtener buenos rendimientos utilizando las densidades de 28 y 42 organismos por canasta, con un buen mantenimiento del cultivo. En general se obtuvieron muy altos porcentajes de supervivencia durante todo el cultivo y no se registraron diferencias atribuibles a la densidad. El menor índice de condición fisiológica del ostión de placer *Crassostrea corteziensis* se registro durante el verano cuando el agua de mar alcanzó las máximas temperaturas (31-32.5 °C). La calidad microbiológica en el estero La Pitahaya fue adecuada durante el ciclo de cultivo.

ABSTRACT

The search for native species of bivalves, with a potential for aquaculture, constitutes a global challenge. One of the alternative culture species is the Cortez Oyster, *Crassostrea corteziensis* (Hertlein 1951), which presents a high potential for aquaculture endeavors within the Tropical Pacific of Mexico and Central America. Hence, it is of utmost importance to establish the adequate stocking density that will optimize the culture of the species, thus, permitting better management and control of the organism's growth up to its commercial size. An experimental culture was conducted in the estuary, La Pitahaya, Guasave, Sinaloa; the sowing of spat took place in January 2010 from spat produced in a laboratory. Stocking densities of 14, 28 and 42 organisms per Nestier oyster boxes (NOB) were evaluated, taking into consideration growth in height, survival and physiological condition index of the organisms and its relationship to food availability and physicochemical factors of the water in which the culture took place. Within the culture site, sea temperatures showed a seasonal variation, with minimum values recorded during winter periods and maximum values occurring in the summer, (18.5 to 32.5 °C). Salinity varied between 25 and 39.5 mg L⁻¹, while dissolved oxygen concentration was between 5.3 and 8.63 mg L⁻¹. The total duration of the culture was thirteen months. The NOB that had a stock density of 14 organisms per NOB resulted in oysters of 77.38 ± 1.08 mm (mean and standard error, organisms with a stock density of 28 organisms per NOB in a size of 85.55 ± 1.29 mm and those with a stock density of 42 organisms per NOB obtained a size of 82.10 ± 1.41 mm. The growth of the organisms, cultivated at 14 per NOB were significantly lower (P<0.05) than those cultivated at stock densities of 28 and 42 organisms per NOB. These results suggest the possibility of obtaining good yields using stock densities of 28 and 42 organisms per NOB, while conducting proper maintenance of the culture system. In general, a very high survival percentage was obtained throughout the culture period, with no difference being attributed to the various densities. The lowest physiological condition index for the Cortez Oyster, *Crassostrea corteziensis*, was recorded during the summer when sea water obtained maximum temperatures of 31-32.5 °C. The microbiological quality in the estuary La Pitahaya was adequate throughout the culture cycle.

I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura ha presentado una tasa de crecimiento global del 11% por año en la última década y debido a la demanda de alimentos se proyecta que producirá el 50% de alimentos de origen marino en el año 2020 (Abraham *et al.*, 2004; FAO, 2010). A nivel mundial, esta actividad es de gran importancia ya que ha contribuido a generar alimento de alto valor nutritivo, empleos, divisas, protección y conservación de especies en peligro de extinción. Por grupos, los peces contribuyen con el 50% de la producción acuícola, seguidos por los moluscos (23%) y las macroalgas (21%) (ISA, 2006).

En México, la acuicultura de bivalvos se ha centrado principalmente en dos especies de ostras, *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791) en el Golfo de México y *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) en las costas del Pacífico. El aumento en la mortalidad de verano de *C. gigas* ha fomentado la búsqueda de nuevas alternativas para la industria del cultivo de ostras. Las mortalidades del ostión japonés se deben principalmente a que son organismos importados que además presentan una reducción en la variabilidad genética, haciéndolos más vulnerables a las variaciones ambientales y a patógenos (Maeda-Martínez *et al.*, 2006). Los productores ostrícolas por su parte, consideran que el avance de esta industria está frenada por la falta de técnicos capacitados, la falta de organización y de cultura empresarial del sector productor, así como la falta de interés del sector científico en la solución de los problemas que plantean (Maeda-Martínez, 2008).

La búsqueda de especies nativas de bivalvos con potencial para la acuicultura constituye un reto a nivel mundial, principalmente para especies de zonas tropicales y subtropicales de las cuales un gran número son comestibles, pero de las que se carece de información sobre aspectos básicos de su biología (Maeda-Martínez, 2008) así como de recursos para magnificar su cultivo. Derivado de los problemas de la acuicultura del ostión japonés se planteó como alternativa el cultivo de la ostra nativa de origen tropical, conocida como ostión de placer *Crassostrea corteziensis*

(Maeda-Martínez, 2008). La cual es una de las ostras más abundantes y comunes en la costa del Pacífico mexicano que se distingue por habitar en aguas salobres asociada a raíces de mangle (Stuardo y Martínez, 1975). El ostión de placer se distribuye desde el Golfo de California (México) hasta Perú, principalmente en bahías, manglares y en la zona intermareal en áreas bajo influencia estuarina (Osuna-Duarte, 2006). Esta especie se cultiva a nivel semi-extensivo y, por sus características (Chávez-Villalba *et al.*, 2005; Chávez-Villalba *et al.*, 2008), representa una especie con alto potencial acuícola para el Pacífico tropical, no sólo de México sino también de Centroamérica.

Desde el punto de vista de la pesca y la acuicultura, Sinaloa es uno de los estados más importantes de México debido a sus numerosas bahías, lagunas costeras, ríos y presas (Maeda-Martínez, 2008). Aun cuando los cultivos que se realizan en los estados de Sinaloa y Nayarit depende de la captación natural de semilla, diversos estudios han mostrado la factibilidad de la producción controlada de ésta, lo que ha permitido la instalación de laboratorios para su producción a nivel comercial, para que una producción controlada de semillas sea potencialmente viable en el largo plazo (Pérez-Enríquez *et al.*, 2008).

Entre los factores ambientales que inciden en el desarrollo de los ostiones sobre salen la temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto y transparencia del agua, ésta como indicador de turbulencia y presencia de material suspendido. La interacción de estos factores físico-químicos contribuye con el entorno donde se desarrollan los organismos y que pueden afectar o favorecer a las poblaciones naturales o cultivadas (Mazón-Suástegui, 1996).

De los factores ambientales antes mencionados el que más incide en estos cultivos es sin duda la temperatura, ya que a pesar de tratarse de especies euritermas, es decir, que toleran amplios intervalos de temperatura, su supervivencia está siempre dentro de unos límites. Los efectos de estas variaciones en lo que respecta a la temperatura, se manifiestan por el hecho de que al aumentar ésta, el

metabolismos del animal se hace más activo, traduciéndose en un incremento en la velocidad del movimiento ciliar y, por tanto, de la cantidad de agua bombeada, también aumenta el ritmo respiratorio y el ritmo cardiaco, así mismo, la apertura de las valvas es otra función dependiente de este factor, en combinación con la iluminación, de forma que la actividad ciliar se para por debajo de una determinada temperatura. En definitiva, las temperaturas altas favorecen la introducción de mayor cantidad de agua en la cavidad paleal, las branquias filtran mas alimento, es decir, tienen mayor capacidad de nutrirse, pero a la vez se desencadenan factores adversos, tales como un mayor consumo de oxígeno y en ciertas poblaciones una mayor proliferación de agentes patógenos (Polanco *et al.*, 2002). En cuanto a este parámetro, se ha observado que la temperatura del agua en *C. corteziensis* es el factor principal que determina el crecimiento, actividad gametogénica e índice de condición en esta especie (Chávez-Villalba *et al.*, 2008).

Otro de los factores de gran importancia para la ostricultura es la salinidad, ya que una disminución prolongada de la misma provoca un importante retraso en el desarrollo sexual, llegando a los extremos de que un elevado porcentaje de las ostras no alcanzan la madurez ante condiciones desfavorables de este parámetro y si está asociado con altas temperatura, aumenta la actividad de los animales, lo cual puede causar mortalidades masivas (Polanco *et al.*, 2002).

Otro factor físico-químico que tiene un papel importante en la vida de las ostras y su cultivo, y en todo organismo vivo es el oxígeno, en el caso concreto de las ostras, su escasez o una caída drástica de su presión parcial puede ocasionar la muerte de las mismas, si bien, en condiciones normales el contenido de oxígeno disuelto en el agua es suficiente para asegurar la vida de estas especies, a pesar de que pueden ocasionarse desequilibrios por diversas causas, tales como condiciones atmosféricas, ausencias de corrientes, aumento excepcional de materia orgánica o de consumidores de oxígeno (Polanco *et al.*, 2002). En el desarrollo de las ostras también influye el grado de acidez (pH) de las aguas, en el sentido de que un aumento de la misma provoca una disminución de la actividad ciliar y un descenso

del mismo puede ejercer un efecto pronunciado en la tasa de consumo de oxígeno, de forma que, a un pH de 6.5 y a 25 °C de temperatura, el consumo se reduce al 60% de lo normal (Galtsoff, 1964).

Un factor más a cuidar para lograr un oportuno crecimiento y talla óptima de los organismos en el tiempo previsto es la calidad y homogeneidad de la semilla así como su adecuado mantenimiento y manejo de densidades de cultivo durante sus diferentes etapas (Mazón-Suástegui, 1996).

En cuanto al índice de condición fisiológica podemos decir que no hay muchos informes sobre las variaciones de el índice de condición a través de un ciclo anual, con la excepción de un índice gonadal determinado por Frías-Espericueta *et al.* (1999). Lo que llevó a Chávez-Villalba *et al.* (2008) ha determinar el potencial acuícola de *C. corteziensis* en una laguna costera de Sonora, México, documentando el crecimiento y la supervivencia de la ostra de Cortéz en un sistema de suspensión, midiendo la actividad gametogénica, las variaciones en su índice de condición, y determinó cómo los parámetros ambientales afectan el crecimiento y la reproducción de esta especie.

Además del conocimiento de las variables ambientales y técnicas del cultivo es necesario determinar la calidad bacteriológica de los cuerpos de agua donde se cultivan moluscos bivalvos. En la acuicultura, los aspectos de salud pública relacionados con el consumo de productos provenientes de esta actividad, se enfocan principalmente a evitar la presencia de peligros biológicos (parásitos, bacterias y virus) y químicos (plaguicidas, metales pesados y biotoxinas). La producción de moluscos bivalvos para consumo humano requiere que se obtengan productos de alta calidad sanitaria, conforme a las leyes y reglamentos en materia de alimentos, ya que la inocuidad de los moluscos bivalvos puede verse afectada por problemas de contaminación debido a industrias, actividades agrícolas, asentamientos y actividades humanas, ríos, fenómenos naturales y falta de instalaciones adecuadas. La inocuidad en los moluscos bivalvos se define como la

característica que éstos deben poseer de estar libres de cualquier material extraño que represente un peligro para la salud humana, asociado a su consumo (SENASICA, 2003).

La presencia y el grado de contaminación fecal es un factor importante en la evaluación de la calidad de un cuerpo de agua, ya que los coliformes fecales son ampliamente utilizados como indicadores de la calidad sanitaria y su presencia en sistemas acuáticos es evidencia de contaminación fecal (Laws, 1981; American Public Health Association (APHA), 1989). El examinar muestras de agua para detectar la presencia de estos organismos provee de un indicador de contaminación. Con relación a la calidad de agua, los análisis microbiológicos de las áreas de cultivo deben presentar un número más probable de bacterias coliformes inferior a los límites permisibles, de lo contrario, valores superiores calificarían al área como impropia para el cultivo de moluscos (FONDEPES, 2006).

I.1. Generalidades del grupo de los moluscos

El Phylum Mollusca es uno de los más grandes, diversos e importantes grupos del reino animal. Cuenta con alrededor de 50,000 especies descritas, de las cuales 30,000 se encuentran en el medio marino. Son organismos de cuerpo blando y la mayoría están protegidos por una concha externa. Dentro de ésta se encuentra un tejido que rodea a todos los órganos denominado manto, el cual es responsable de la secreción de la concha. Otra característica importante es la presencia de un pie muscular que generalmente es usado como órgano locomotor. A pesar de que la mayoría de los organismos comparten este plano corporal, el grupo se caracteriza por ser muy diverso. Dentro del Phylum podemos encontrar 7 clases, siendo las más representativas la Gastropoda, Cephalopoda y Bivalvia. La Clase Bivalvia cuenta con aproximadamente 7,500 especies e incluye a organismos con dos valvas o conchas como mejillones, escalopas, almejas y ostiones (Gosling, 2003). Los ostiones son organismos que se clasifican dentro del género *Crassostrea* con diversas especies de importancia comercial tales como: *C.gigas*, *Crassostrea rizophorae*, *Crassostrea*

sikamea, *Crassostrea angulata*, *Crassostrea rivularis*, *C. virginica* y *C. corteziensis*, entre otras; siendo estas dos últimas, especies nativas de las costas mexicanas que juegan un papel ecológico equivalente en las costas del Golfo de México y el Pacífico mexicano, respectivamente (Cabrera-Rodríguez *et al.*, 2008; Maeda-Martínez, 2008; Pérez-Enríquez *et al.*, 2008).

1.2. Posición taxonómica del ostión de placer *Crassostrea corteziensis* (Hertlein, 1951)

Nombre	Ostión de Cortéz
Nombre común	Ostra de Placer
Categoría	Molusco marino
Phyllum	Mollusca
Clase	Bivalvia
Orden y suborden	Mytiloidea
Familia	<i>Ostreidae</i>
Género	<i>Crassostrea</i>
Especie	<i>corteziensis</i>
Autoridad	Hertlein, 1951

1.3. Descripción de la especie de estudio

El ostión de placer *C. corteziensis* presentan el cuerpo irregular, protegido externamente por una concha, conformada por dos valvas, generalmente alargada-ovalada. La valva inferior o izquierda es convexa por la que se fija al sustrato, esta es más grande que la superior o derecha, frecuentemente con el umbo encorvado hacia atrás, externamente lisa o con tenues surcos radiales valva derecha aplanada, lisa o con lamelas concéntricas. Cicatriz del musculo aductor grande, no muy cóncava dorsalmente, un poco más cercana al borde ventral que a la charnela, “cómatas” (dentículos o dientes) ausentes (Figura 1). El color en la superficie externa es blanquecino, la valva derecha teñida ligeramente de café o gris purpura; superficie

interna blanca brillante, frecuentemente con áreas irregulares de color blanco tiza; cicatriz del músculo aductor ocasionalmente teñida de púrpura. La unión entre las dos valvas es hecha con el auxilio del músculo aductor y también a través de un ligamento situado en la región posterior. El músculo aductor central controla el grado de apertura de las valvas, 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 (Figura 1) (Poutiers, 1995).

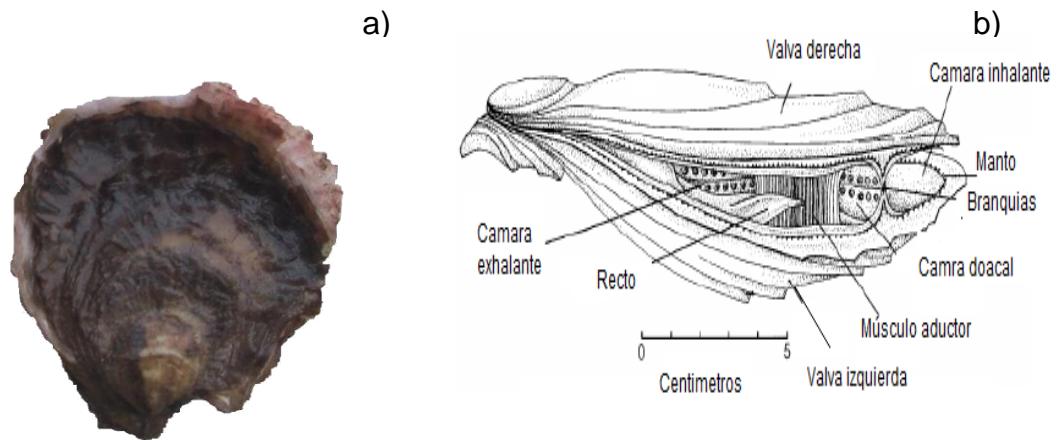


Figura 1. a) Ostión de placer *C. corteziensis*. b) Anatomía externa del ostión Fuente: Eble y Scro, 2004.

I.4. Distribución geográfica y hábitat del ostión de placer *C. corteziensis*.

C. corteziensis se distribuye naturalmente desde el Golfo de California hasta Perú (Fisher *et al.*, 1995), la especie se encuentra asociada generalmente a las raíces de mangle rojo *Rhizophora mangle* (Páez-Osuna *et al.*, 1993). El hábitat de estos organismos se localiza en áreas cercanas a la costa en la zona intermareal y en los esteros, generalmente adheridos a las raíces del mangle o sustratos duros como rocas, en fondos someros o directamente sobre el fango y en áreas de baja influencia estuarina (Cáceres-Puig, 2005) (Figura 2). La extracción de la ostra de placer alcanzó su máximo en 1970, en las costas del Pacífico de México (Cuevas-Guévara y Martínez-Guerrero, 1979). Sin embargo, la explotación intensiva y la

reducción de agua dulce en las lagunas dio como resultado la reducción severa de los bancos naturales y la casi desaparición de la especie en el noroeste de México (Páez-Osuna *et al.*, 1993; Osuna-López *et al.*, 1999; Rivero-Rodríguez *et al.*, 2007) donde antes era particularmente abundante (Golfo de California), principalmente desde el estado de Sonora a Nayarit (Mazón-Suástegui, 1996).



Figura 2. Distribución geográfica del ostión de placer *C. corteziensis*.

I.5. Distribución de la familia Ostreidae en las costas de México

De manera particular, en México se encuentran algunas de las principales especies que se comercializan, explotan y cultivan, agrupándose por su grado de importancia en siete especies: por el lado del Océano Pacífico se encuentran: *C. corteziensis*, *C. gigas*, *Crassostrea palmula*, *C. iridescens* y *C. sikamea*; y por el Océano Atlántico están: *C. virginica* y *C. rhizophora* (Figura 3) (Hernández-Sepúlveda, 2006).

C. corteziensis (Hertlein, 1951). Se distribuye en el litoral del Pacífico mexicano, principalmente desde el estado de Sonora hasta Nayarit. *C. gigas* (Thunberg, 1873), conocida como “Ostión Japonés” u “Ostión del Pacífico”, especie

introducida en nuestro país en las costas de Baja California Norte, B. C. S, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Oaxaca y el Caribe, principalmente en Bahías, lagunas costeras y esteros (*Op. cit.*). *Ostrea palmula* (Carpenter, 1856), conocida como “Ostión de Mangle”, se distribuye desde las costas del Golfo de California hasta Oaxaca y su hábitat son los tallos y raíces del mangle. La explotación de esta especie se reduce al autoconsumo. (SEP-SEIT, 1994; Mazón-Suástegui, 1999). *Crassostrea iridescens* (Hanley, 1854), mejor conocida como “Ostión de Piedra”, se distribuye desde el Golfo de California hasta el norte de Perú (Hernández-Sepúlveda, 2006). Soporta una importante explotación pesquera principalmente en el estado de Guerrero (Ruíz-García, 2006). *Crassostrea sikamea* (Amemiya, 1928) es originario de la bahía Kumamoto de Kyushu, Japón. Este ostión fue introducido a la costa oeste de Norteamérica después de la Segunda Guerra Mundial. Actualmente se cultiva a nivel comercial en San Quintín, Baja California. *C. virginica* (Gmelin, 1791) habita en los estuarios y se le conoce como “Ostión Americano”. Es nativo de la costa norteamericana del Atlántico y se distribuye en el Golfo de México y el Caribe. Soporta una intensa explotación en las costas de Veracruz, Tabasco y Campeche (*Op. cit.*). *C. rhizophorae* (Guildin, 1828), especie conocida como “Ostión de Mangle”, se distribuye en el golfo de México y Caribe, se encuentra generalmente adherido a los tallos y raíces aéreas del mangle. Su explotación comercial se da en Tabasco, Campeche, Tamaulipas y Veracruz (Hernández-Sepúlveda, 2006).



Figura 3. Distribución geográfica de la familia *Ostreidae* en México.

I.6. Características biológicas de las ostras

Las ostras se alimentan principalmente de microalgas y materia orgánica particulada, a través de filtración de agua de mar. La tasa de filtración de las ostras depende de varios factores como la temperatura, salinidad, pH, cantidad de material en suspensión y de alimento disponible. Los valores de filtración de cada ostra generalmente giran alrededor de 5 a 25 l/h. Las fases del proceso de alimentación de un molusco filtrador son: selección preingestiva de partículas, ingestión, digestión, absorción y excreción. El alimento capturado por los cilios branquiales, provocan una corriente que conduce las partículas por el canal inhalante hasta los palpos labiales, donde la tasa de ingestión es regulada reduciendo la tasa de filtración o rechazando el material en los filamentos branquiales antes de ser ingeridos (selección preingestiva) a través de la producción de pseudoheces. La ingestión de exceso de alimento y el rechazo de partículas extrañas conduce a la producción de pseudoheces, como un mecanismo para tolerar la carga de partículas en suspensión, atrapándolas con mucus para que éstas no pasen al tracto digestivo, la digestión de las partículas menores a 10 μm son transferidas a la boca, después al esófago, para luego ser dirigidas al estómago. Para complementar este proceso, las partículas

pasan por el estilete cristalino, donde, con el auxilio de enzimas digestivas, son degradadas en partículas menores para finalmente ser absorbidos en el intestino. El material orgánico rechazado y los productos del metabolismo son expulsados como heces (Sobral y Widdows, 2000; FONDEPES, 2006).

Las ostras son organismos dioicos, es decir, presentan sexos separados. Sin embargo, externamente, no es posible diferenciar el macho de la hembra, pues ambos presentan la gónada (órgano sexual masculino o femenino) de la misma coloración. La diferencia sexual solamente es posible a través del raspado de la gónada y su posterior observación al microscopio, donde los ovocitos presentan una forma redondeado y los espermatozoides como una masa compacta. Su desarrollo sexual (maduración gonadal) es influenciado por factores externos como luminosidad, salinidad y, principalmente, por la temperatura y disponibilidad de alimento. La fecundación en las ostras del género *Crassostrea* es externa, es decir, que el contacto entre el espermatozoide y el ovocito ocurre en el agua (FONDEPES, 2006).

I.6.1. Ciclo biológico

El ciclo de vida de las ostras se divide en dos etapas; la primera etapa forma parte del plancton (vida planctónica), en la cual no tiene movilidad propia y vive a merced de la corriente marina suspendido en la columna de agua. Dentro de esta etapa se encuentra la fase de desarrollo embrionario y larval; la segunda etapa es su vida bentónica, en la cual la larva selecciona un sustrato en el que permanece fija toda su vida como adulto (ISA, 2006).

I.6.2. Reproducción

En todas las especies del género *Crassostrea* el volumen de la gónada varía de una estación a otra, alcanzando su máximo desarrollo antes de producirse el desove. Los sexos son separados, no existe dimorfismo sexual y la gónada puede expresarse como macho en una estación y en la siguiente como hembra. Los factores del medio que más influyen en el desarrollo gonadal son la temperatura, disponibilidad de alimento, salinidad y calidad del agua (Lombeida-Terranova, 1997). Cuando las gónadas están sexualmente maduras, recubren por completo la mayor parte de la ostra con tejido reproductivo de grosor variable, la cual a simple vista alcanza a distinguirse de color crema (Palacios-Fest *et al.*, 1988). En cambio, cuando las gónadas están sexualmente inmaduras son poco perceptibles a simple vista ya que en ese momento los complicados sistemas de tubos que las constituyen son prácticamente transparentes (Sevilla, 1959). La reproducción se extiende rápidamente cuando comienza en un banco muy poblado y la mayoría de los ostiones se encuentran sexualmente maduros (Palacios-Fest *et al.*, 1988).

Estos bivalvos descargan los óvulos y los espermatozoides en el agua, por lo que la fecundación es externa. La expulsión de gametos ocurre cuando la temperatura del agua es superior a los 20 °C, alcanzando un máximo entre los 23 y 25 °C; por lo que la temporada de desove se lleva a cabo en los meses de Mayo y Junio (primavera-verano). La hembra libera entre 50 y 100 millones de ovocitos de un tamaño promedio de 50 µm (ISA, 2006).

I.6.3. Desarrollo embrionario y larvario

Los huevos fertilizados presentan tallas promedios de 55.5 µm. La aparición del corpúsculo polar se observa a la media hora de fertilización de los óvulos, la blástula a las 6 horas, la gástrula empieza a formarse a las ocho horas, para después pasar a la fase trocófora, que se forma a las diez horas. A las 24 horas después de la fertilización los óvulos, se aprecia la larva “veliger”, la misma que tiene talla promedio entre 80 a 85 µm. Esta fase dura 5 días, al final de la cual alcanza tallas

entre 120-130 μm . Al sexto día, se inicia la fase “umbonada”, que se extiende unos 7 días alcanzando tallas entre 150–160 μm (Figura 4). En el día 14 se pasa a la fase “pediveliger”, después de 8 días alcanza la talla de 200–210 μm , para luego pasar a la fase “pediveliger con mancha ocular”. Al cabo de 3 días, la larva alcanza los 240 μm de tamaño, y está lista para entrar en fijación, iniciándose de esta manera el asentamiento, observándose claramente el pie con el que comienzan a reptar y dando vueltas buscando donde fijarse (Figura 4) (FONDEPES, 2006).

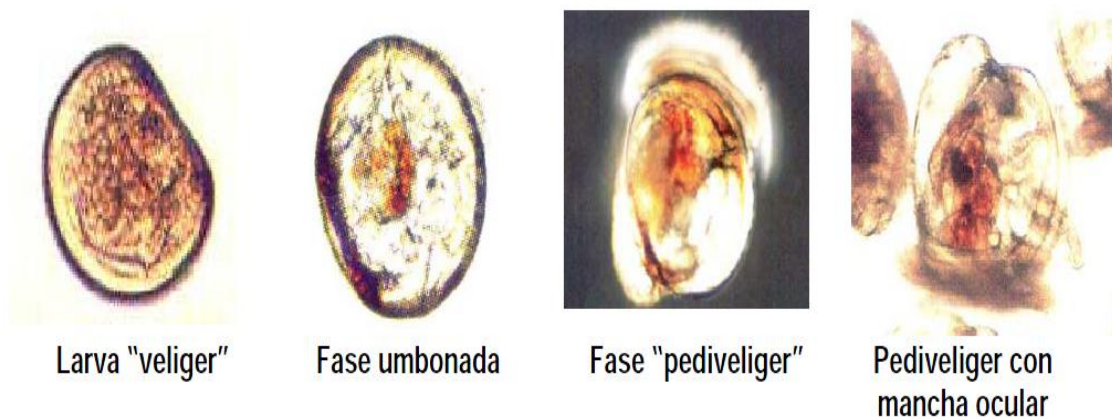


Figura 4. Fases de desarrollo larval de *C. gigas*. Fuente (FONDEPES, 2006)

I.6.4. Vida bentónica

Al llegar el momento de fijación, la larva pediveliger tiene un proceso de metamorfosis perdiendo por completo el vélum y desarrolla sus branquias, la larva se desplaza al fondo en busca de un sustrato duro principalmente, pasando a ser “disoconcha”, ésta se fija al sustrato con su valva izquierda por medio de la secreción de la glándula cementante, iniciando su vida sésil similar a la de un adulto. (Figura 5) (ISA, 2006).

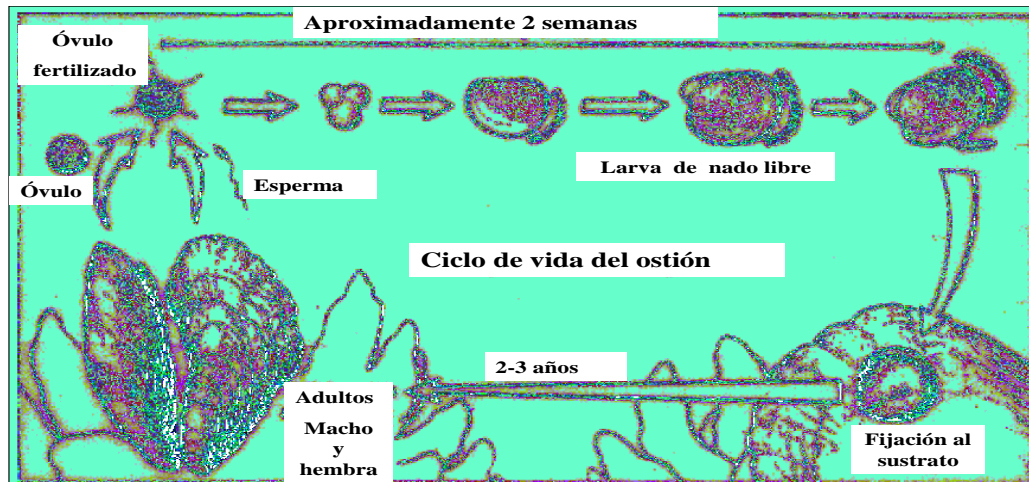


Figura 5. Ciclo biológico de *C. gigas*. Fuente: Horst, 2003.

I.7. Depredadores, parásitos o competidores

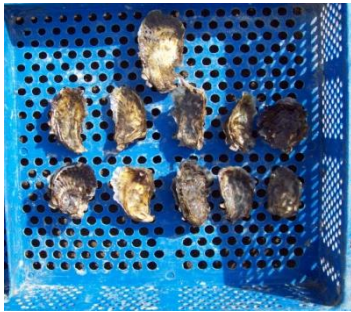
Entre los principales competidores de las ostras pueden citarse a aquellos que tienen iguales requerimientos de alimento y espacio, tales como otros moluscos, esponjas, tunicados, briozoarios y, de manera muy importante, algunos crustáceos como los balanos y algunas especies de microalgas que también suelen competir por el espacio disponible. Entre los depredadores se pueden citar diversos moluscos carnívoros y algunos equinodermos, los cangrejos y jaibas son eficientes para alimentarse con los ostiones juveniles, algunos peces y rayas provistos de fuertes dentaduras y placas palatinas o vomerinas, se caracterizan por ser extremadamente voraces con los ostiones y con otros moluscos (Mazón-Suastegui, 1999).

I.8. Características de una ostra de buena calidad

La ostra, así como todos los bivalvos en buen estado, exhibe un conjunto de características que pueden identificarse fácilmente (Figura 6). Entre las más importantes se pueden señalar:

Reacción positiva ante estímulos externos (encontrarse viva), es decir, cuando presentan las valvas abiertas, éstas deben cerrarse al ser golpeadas suavemente.

Los músculos húmedos y bien adheridos a las valvas. Presencia de líquido intervalvar (agua cristalina en el interior). Ausencia de suciedad en la concha, entera y sin ningún daño. Sin olor o leve olor a algas (Figura 6) (FONDEPES, 2003).



Encontrarse vivos y
reacción ante estímulos



Ausencia de
suciedad y sin daños



Músculos húmedos y
adheridos a las valvas

Figura 6. Características de las ostras de buena calidad para el consumo.

II. ANTECEDENTES

Existen diversos estudios referentes al cultivo de bivalvos, todos ellos encaminados a establecer las mejores metodologías del cultivo y conocer la ecología de las especies. Las primeras investigaciones sobre *C. corteziensis* en el Pacífico mexicano se le atribuyen a Sevilla (1959), quien realizó estudios en poblaciones silvestres de Guaymas, Sonora. Este autor reportó ostiones de diez meses de edad con una altura promedio de 5.5 cm en el intervalo de 7.5 a 3.4 cm. En otro estudio de las especies nativas de ostión en Sonora realizado por Ramírez-Granados y Sevilla-Hernández (1965) puntualizaron que los bancos naturales, incluido el ostión de placer *C. corteziensis*, han disminuido en gran medida por las actividades antropogénicas. En la última década, los estudios del cultivo de ostión *C. corteziensis* se han realizado en granjas camaronícolas de los municipios de Ahome y Navolato, Sinaloa (reservorio y canal de drenaje respectivamente) (Mazón-Suástegui *et al.*, 2001). En este cultivo reportaron una talla inicial de de 3 mm y durante 7 a 12 semanas de cultivo crecieron entre 2.08 y 2.85 mm/semana en los meses de noviembre y marzo.

En sistemas de cultivo en suspensión se evaluó el crecimiento de *C. corteziensis* en Sonora, México durante 13 meses, en este periodo se obtuvieron ostiones de 71.3 ± 1.9 mm de longitud, y un peso total de 30.1 ± 1.9 g, con una supervivencia del 70% (Chávez-Villalba *et al.*, 2005). En la misma condición Leyva-Miranda (2005), llevo a cabo un cultivo en suspensión de semillas alimentadas a base de tres dietas fécula de maíz (Fm) y microalga (Mi), microalgas (Mi 100%) y harina de trigo y microalga (Ht), al analizar sus resultados no encontró diferencias significativas entre las dos primeras dietas en 216 días de cultivo. En cambio, el grupo con alimentación a base de Ht-Mi presentó un crecimiento mayor en el mismo periodo.

En cultivos con porcentaje de ocupación (de 25, 50 y 75% de la canasta) de *C. corteziensis*, Ruíz-García (2006) estudio el crecimiento y supervivencia, con siembra

en enero y marzo, obteniendo como resultado que los ostiones sembrados en enero (invierno), presentaron un crecimiento en talla (longitud, altura, grosor), y peso significativamente mayor ($p \leq 0.05$), respecto a los sembrados en marzo (primavera). Al evaluar las densidades de siembra, en el primer cultivo el crecimiento en talla fue similar en las diferentes densidades, en cambio el peso fue menor en la densidad del 50% y registró diferencias significativas ($p \leq 0.05$). En el segundo cultivo observaron diferencia significativa, tanto en altura, como en longitud entre los ostiones cultivados al 50% y 75%. El peso en las ostras cultivadas al 75% de ocupación, fueron diferentes estadísticamente sugiriendo la posibilidad de obtener rendimientos adecuados a escala comercial.

El crecimiento y sobrevivencia de *C. corteziensis* fue evaluado por Villanueva-Fonseca (2007) en relación a los parámetros físicos, químicos y biológicos en el estero La Pitahaya, Guasave, Sinaloa. El intervalo de las variables registradas de temperatura del agua (19.2-31.2 °C), salinidad (26.66-35.6 g/L) y el oxígeno disuelto (4.60-10.21 mg/L) fueron los factores que presentaron mayor significancia con respecto al crecimiento de *C. corteziensis* y afectó significativamente el cultivo. La talla que los organismos alcanzaron fue de 50.1 mm de largo, peso final de 23.5 g y una supervivencia mínima del 1.8%. La especie de *C. corteziensis* es termo-tolerante entre 16-32 °C, crece más rápido y mejor de 24 a 30 °C, con el óptimo entre 28-30 °C. La menor tolerancia de la especie parece de 16 °C, en contraste, la temperatura superior de tolerancia fue de 32 °C, con mortalidad del 100% (Cáceres-Puig *et al.* 2007).

La condición fisiológica, el crecimiento y supervivencia de juveniles de *C. gigas* y *C. corteziensis* cultivados en verano e invierno en la laguna las Guasimas, Sonora, se determinó en relación con las variaciones de temperatura, salinidad, seston, clorofila-a, concentración de oxígeno y pH en un ecosistema costero (Castillo-Duran *et al.*, 2010). En ambas especies las diferencias entre crecimiento, condición y supervivencia estuvieron relacionadas con la temperatura que varío entre un máximo de 32.7 °C en verano y un mínimo de 12.7 °C en invierno. Aunque las

diferencias entre estaciones resultaron significativas sólo para *C. gigas*. En cuanto a estrategias acuícolas, el otoño representa un periodo favorable para iniciar el cultivo del ostión japonés *C. gigas*, mientras que el nativo *C. corteziensis* puede ser cultivado todo el año.

III. JUSTIFICACIÓN

El cultivo de moluscos bivalvos ocupa un lugar importante en la producción acuícola mundial. La mayor parte de la producción procede de poblaciones naturales que están cerca o han sobrepasado ya el máximo rendimiento sostenible. La sobreexplotación puede atenuarse a través de la acuicultura, que ofrece una alternativa a la explotación de las poblaciones naturales (ISA, 2006). El ostión de placer es una especie que se cultiva a nivel semi-extensivo en las regiones del noroeste de México desde hace varios años, y por sus características (Chávez-Villalba *et al.*, 2005), representa una especie con alto potencial acuícola para el Pacífico tropical, no sólo de México, sino también de Centroamérica. La importancia del presente trabajo radica en ampliar las expectativas de los acuicultores sobre la disponibilidad de otras especies de bivalvos susceptibles a cultivarse, es por ello que es de suma importancia establecer la densidad de siembra adecuadas para la implementación de cultivos comerciales a gran escala, determinar la rentabilidad (Acosta *et al.*, 2000) y optimizar el cultivo lo cual nos permitiría un mejor manejo y control en el crecimiento del organismo hasta su talla comercial. Una buena alternativa es la especie de ostión de Cortéz o de placer *C. corteziensis* la cual, cabe destacar, es una especie nativa de las costas del Pacífico mexicano y está adaptada a la variación de los factores ambientales de la región, hecho que le confiere una mayor tolerancia a los cambios que en él se presenten. Además, esta especie tiene un gran valor económico a escala regional y nacional. Sin embargo, existen poca información de carácter científico sobre algunos aspectos de su biología y ecología.

IV. HIPÓTESIS

La densidad de siembra y la estacionalidad presentes durante el ciclo de cultivo determinan el crecimiento, la supervivencia y el índice de condición fisiológica en el ostión de placer *C. corteziensis* en cultivo.

V. OBJETIVOS

V.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la densidad de siembra en el crecimiento, índice de condición fisiológica y supervivencia del ostión de placer *C. corteziensis* en el estero La Pitahaya, Guasave, Sinaloa.

V.2. Objetivos específicos

Determinar la relación de la temperatura del agua, salinidad, transparencia, profundidad, pH y oxígeno disuelto (O_2) (estacionalidad), en el crecimiento de *C. corteziensis* cultivado a diferentes densidades de siembra durante un ciclo de cultivo.

Estimar la concentración de nitritos (NO_2), nitratos (NO_3), amonio (NH_4), fosfatos (PO_4), silicatos (SiO_3), durante un ciclo de cultivo en el estero la pitahaya, Guasave Sinaloa.

Estimar la concentración de clorofila-a y seston como indicadores de disponibilidad de alimento y la relación con el crecimiento e índice de condición fisiológica en el sitio de cultivo de *C. corteziensis*.

Determinar los parámetros poblacionales: tasa de crecimiento, mortalidad, supervivencia y la relación con el índice de condición fisiológica en las diferentes densidades de siembra de *C. corteziensis* durante un ciclo de cultivo.

Determinar la calidad microbiológica del agua durante el ciclo de cultivo del ostión de placer *C. corteziensis* en el estero La Pitahaya, Guasave, Sinaloa.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

VI.1. Área de estudio

El complejo San Ignacio-Navachiste-Macapule comprende 26,700 ha y presenta una profundidad media de 4 m (Escobedo-Urías *et al.*, 2003). El cultivo experimental se llevó a cabo en el estero La Pitahaya perteneciente a la Laguna Macapule, en el municipio de Guasave, Sinaloa (Figura 7). Se encuentra situada en la costa norte del estado de Sinaloa, entre los 25° 20' y 25° 35' latitud N y los 109° 00' y 108° 40' longitud O (Magaña-Álvarez, 2004).

Esta laguna, está semicerrada por la Isla de Macapule, comunicándose con el Golfo de California mediante dos bocas Macapule y la Bocanita. La isla cuenta con 22.7 km de longitud, 2.5 km en la parte más ancha y escasos 300 m en su parte más angosta (Escobedo-Urías *et al.*, 2003); su costa occidental (hacia el Golfo de California) está compuesta por playas arenosas y dunas de arena (Instituto Nacional de Geofísica, 1987).

El clima predominante en Guasave es desértico muy caliente, con precipitación media anual de 300 a 400 mm y temperatura media anual de 23 a 25 °C, con máxima extrema de 45 °C. La vegetación halófila se presenta en zonas con altos niveles de sales y a lo largo de la costa y partes bajas de los distritos de riego, así como en los esteros y marismas. El clima de la región es de tipo BW (h") hw, y está incluida en la región hidrológica 10. Los vientos predominantes en verano son del suroeste con un promedio de 2 m s⁻¹ y durante el invierno predominan los vientos del noroeste. La evaporación anual media es de 1534.39 mm y la precipitación media es de 577.9 mm. El período de lluvias corresponde a los meses de julio a octubre y la temperatura media anual es de 25 °C y mínimas de 3 °C. El tipo de marea es mixta semidiurna (*Op. cit.*).

La laguna es muy notable por su rica diversidad desde el punto de vista pesquero. El camarón (*Litopenaeus vannamei*, *L. stylirostris*, *Farfantepenaeus californiensis* y *F. brevisrostris*) es el principal recurso pesquero en el sistema. Además del camarón, se captura: jaiba (*Callinectes* spp.), almeja pata de mula (*Anadara* sp.), sierra (*Scomberomorus sierra*), berrugata (*Micropogon ectenes*), almeja blanca (*Chione californiensis*), lisa (*Mugil* spp.), botete (*Sphoeroides annulatus*) y pargo (*Lutjanus* spp.) (Instituto Nacional de la Pesca, 2000).

La laguna tiene una extensión aproximada de 48 km² (Escobedo-Urías *et al.*, 2003), es somera y en su cuerpo interior posee tres islas. La isla de Los Pájaros de ellas de extensión significativa y sirve de anidación para un número importante de aves de diferentes especies. En el extremo noroeste, la isla Vinorama la separa de la Laguna Navachiste, lo que origina que el cuerpo lagunar se comuniquen con Navachiste a través de una estrecha desembocadura y la Isla Macapule. La costa oriental de la laguna está bordeada por mangles (*Rizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*) mientras que en la costa occidental se encuentran principalmente dunas de arena, con pocas zonas de mangle, a excepción de todo lo largo del estero (Escobedo-Urías *et al.* 1999).

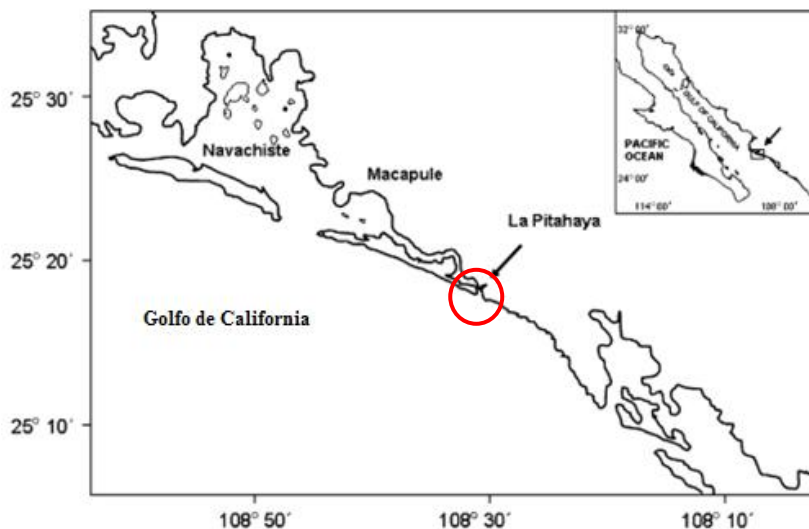


Figura 7. Localización geográfica del área de cultivo de *C. corteziensis* en el estero “La Pitahaya”, Guasave, Sinaloa.

VI.2. Cultivo experimental

VI.2.1. Sistema de cultivo

El sistema de línea suspendida o sistema Long-line (Figura 8) fue empleado para el cultivo de las semillas de *C. corteziensis*, el cual consistió en una o dos líneas de longitud variable de cabo de polietileno, suspendida en los extremos mediante flotadores o boyas, los cuales se fijaron al fondo con “muertos” de concreto. A estas líneas se sujetaron canastas construidas de polipropileno rígido con dimensiones variables, su instalación se hizo colocando una sobre otra formando módulos de 5 o más canastas, a los cuales se les fijo un flotador en la parte superior y se colocaron a una distancia de 20 a 50 cm entre cada módulo (Villanueva-Fonseca, 2007).

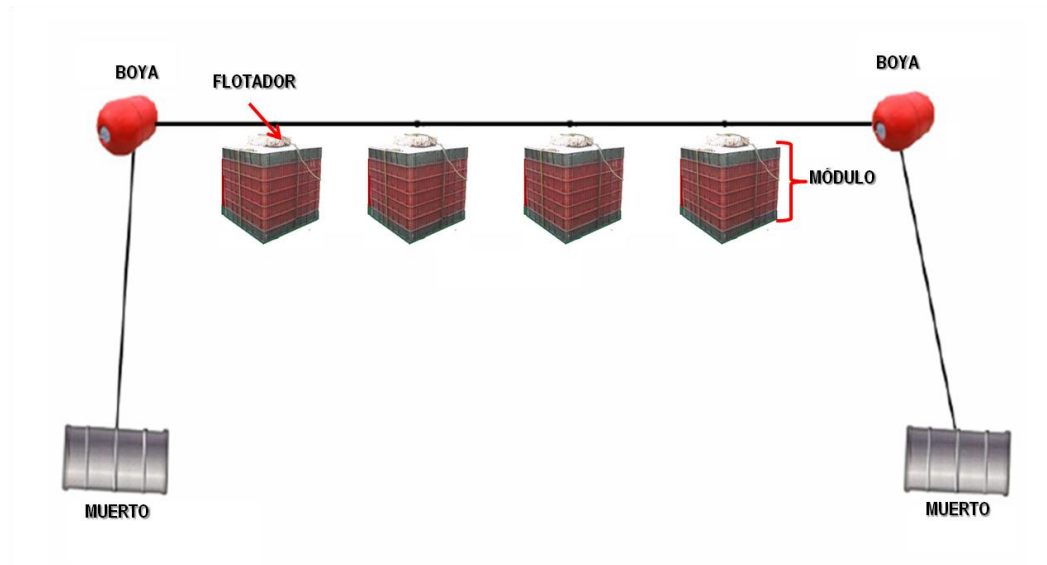


Figura 8. Sistema de cultivo de línea suspendida o Long-line.

VI.2.2. Obtención de semillas

Un lote de 7 mil semillas (previamente certificadas) se obtuvieron del Centro de Reproducción de Especies Marinas del Estado de Sonora (CREMES), situado en bahía Kino, Sonora, México. Las cuales fueron transportadas en una caja de corcho de 20 x 20 cm. Los organismos se transportaron en seco y frío hasta el área de

cultivo soportando sin problema un viaje de 24 h fuera del agua. El tamaño de cada ostrilla oscilo entre 2 y 3 mm (Figura 9).

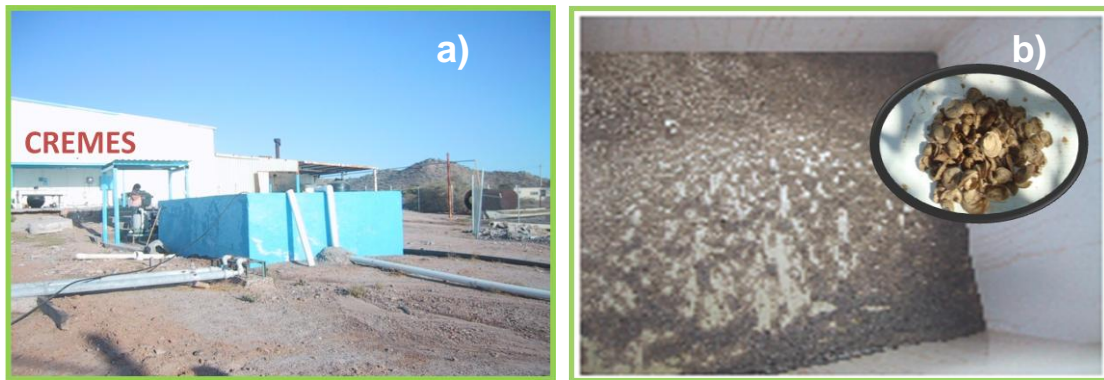


Figura 9. a) CREMES. b) Semillas de ostión.

VI.2.3. Aclimatación y siembra de semillas

La siembra se realizó en el mes de enero de 2010 y consistió inicialmente en aclimatar el total de semillas a las condiciones propias de temperatura y salinidad del agua, presentes en el estero “La Pitahaya” (Figura 10).

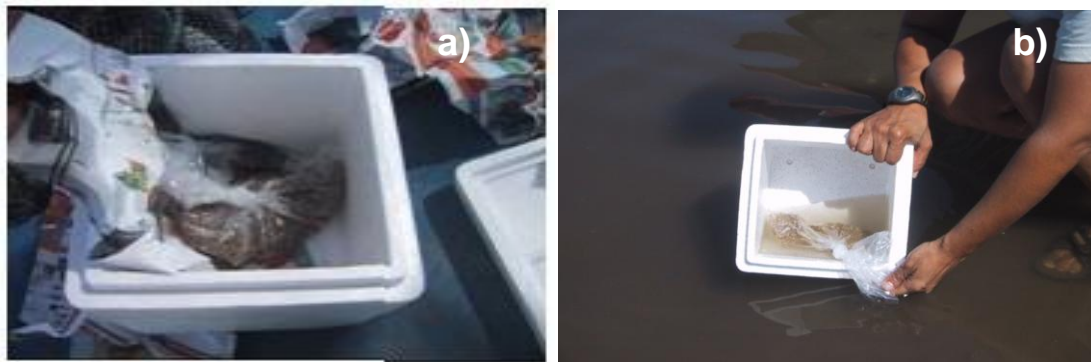


Figura 10. a) Transporte de semillas. b) Aclimatación de semillas.

Una vez aclimatadas, se formó una línea aproximadamente de $\frac{1}{2}$ metro de largo (con el lote total de semillas), la cual fue dividida en partes iguales, mismas que

se repartieron por separado en bolsa de malla plástica mosquitera (1 mm de abertura) de 40 x 40 cm, esto para evitar que las ostrillas se salieran de las canastas ya que éstas presentan orificios de 6 mm aproximadamente. Las bolsas se colocaron dentro de las canastas Nestier (dividida en cuatro cuadrantes), posteriormente se ensamblaron y amarraron formando un módulo, el cual estaba constituido por siete canastas ostreófilas, cinco de ellas se utilizaron para el cultivo de los ostiones y las otras dos sirvieron de protección, una de ellas se le colocó un flotador en la parte superior. Cada canasta mide 50 x 50 x 10 cm (Sandoval-Soto, 2006; Hernández-Sepúlveda, 2006) (Figura 11).



Figura 11. a) División del lote de semillas para la siembra. b) Formación de módulos.

A partir de la siembra de semillas se inició la primera etapa de crecimiento para obtener los juveniles (ostrillas), aptos para el desarrollo de un estudio experimental de cultivo bajo diferentes densidades (Gallo *et al.*, 2001; Ruiz-García, 2006) (Figura 12).

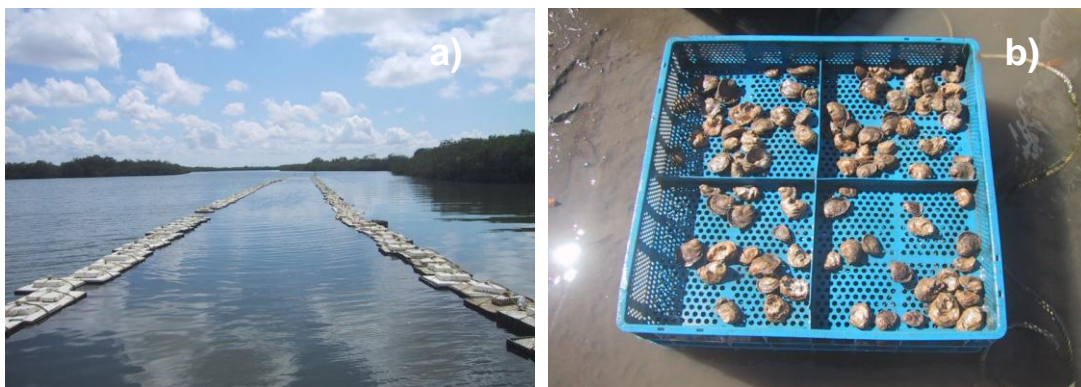


Figura 12. a) Sistema suspendido de línea larga en estero La Pitahaya. b) Crecimiento y engorda de organismos.

VI.3. Manejo experimental

El manejo experimental se inició una vez que las semillas alcanzaron la talla de juvenil (ostrillas) y pudieron colocarse libremente en las canastas ostrícolas, eliminado así la malla mosquitera. Tres mil semillas se utilizaron para establecer tres densidades de cultivo correspondientes a 14 organismos por canasta, con un total de 70 organismos por módulo, la segunda densidad fue de 28 organismos por canasta y de 140 organismos por módulo, en la tercer densidad se utilizaron 42 organismos por canasta, lo que correspondería a 210 organismos por módulo. Los tratamientos se realizaron por triplicado (Gallo *et al.*, 2001; Ruiz-García, 2006) (Figura 13).

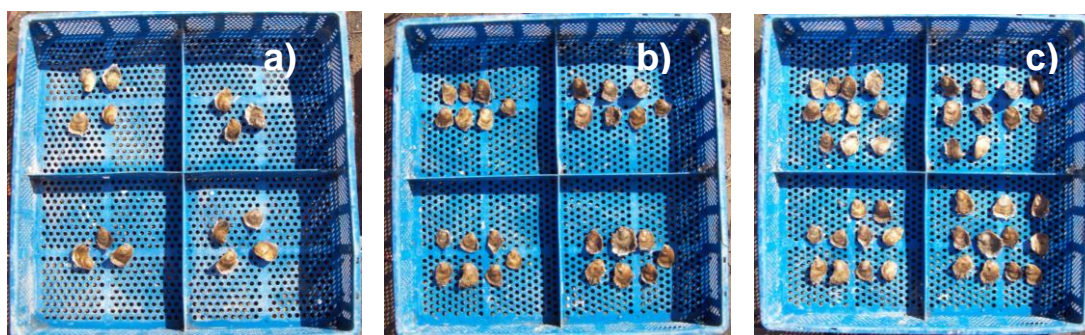


Figura 13. Densidades utilizadas. a) Densidad de 14 organismos por canasta. b) Densidad 28 organismos por canasta. c) Densidad 42 organismos por canasta.

VI.3.1. Mantenimiento de los módulos de cultivo

Durante el periodo de engorda las canastas se limpiaron quincenalmente para evitar la presencia de organismos epíbioles que pudieran afectar al ostión, como lo son: algunos crustáceos, peces, moluscos, algas y esponjas. Este proceso consistió en sacar los módulos atados al sistema de cultivo y llevarlos a la orilla del estero con la ayuda de una lancha y un remo, esto para limpiar canastas, bolsas y ostrillas, utilizando una espátula y cepillo principalmente. Simultáneamente, se revisó el estado físico de los mismos para detectar la presencia de depredadores o competidores, al momento de llevar a cabo la tarea anterior se colectaron los organismos muertos presentes en las canastas, para así determinar la tasa de mortalidad (Sandoval-Soto, 2006; Hernández-Sepúlveda, 2006; Villanueva-Fonseca, 2007).

VI.3.2. Parámetros físicos

Con la misma periodicidad se midió *in situ* la temperatura del agua y oxígeno disuelto usando un oxímetro (YSI, 55 / 12 FT, Ohio 45387). Para medir la salinidad se utilizó un refractómetro de precisión (Atago, S/Mill). Para determinar el potencial de hidrógeno (pH) se utilizó un potenciómetro (Hanna, HI 8314). La transparencia y la profundidad se determinaron con un disco Secchi. Para la temperatura ambiente se utilizó un termómetro (Brannan 76 mm inmersión de -20 a 100 °C).

VI.3.3. Parámetros químicos

Quincenalmente se tomaron muestras superficiales de agua para la determinación de nutrientes (amonio, nitritos, nitratos, fosfatos, silicatos), así como clorofila-a y seston; las cuales se almacenaron y transportaron en hieleras (4 °C) al laboratorio de análisis ambiental del CIIDIR-IPN-Unidad Sinaloa para su posterior análisis.

VI.4. Trabajo de laboratorio

Los análisis del agua de mar se llevaron a cabo en el Laboratorio de Análisis Ambiental. Las muestras para la determinación de nutrientes se congelaron a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ para su posterior análisis de acuerdo a la metodología descrita en el manual de Strickland y Parsons (1972).

La determinación del amonio (NH_4) se realizó inmediatamente después del muestreo siguiendo el método de Solórzano (1969), el cual consiste en agregar 25 ml de la muestra filtrada por gravedad en un matraz Erlenmeyer con una probeta aforada de 25 ml. Con una pipeta se añadió 1 ml de solución fenol, después se agregó 1 ml de solución de nitroprusiato de sodio en forma secuencial y 2.5 ml de solución oxidante (20 ml de reactivo alcalino y 5 ml de solución hipoclorito de sodio) mezclando después de agregar cada parte. Se dejó reposar el matraz a una temperatura entre 20 y $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 1 hora en un lugar protegido de la luz. En esta etapa la parte superior del matraz se debe cubrir con una hoja de aluminio para disminuir la contaminación por amoniaco atmosférico. La lectura de las muestras debe realizarse en un espectrofotómetro con respecto al agua destilada a una longitud de onda de 640 nm, en un lapso de una hora después del análisis, pero este no debe ser mayor a las 24 h.

Los nitratos (NO_3) se determinaron según la técnica de Morris y Riley (1963) modificada por Grasshoff (1964). Se colocaron 50 ml de la muestra en un matraz Erlenmeyer de 125 ml, el cual contiene 1.0 ml de cloruro de amonio concentrado, se mezcló la solución, enseguida se vertió aproximadamente 5 ml en la parte superior de la columna y se dejó pasar a través de ésta. Se añadió el resto de la muestra a la columna y se colocó el matraz Erlenmeyer vacío bajo el tubo colector cuando hayan pasado 25 ml a través de la columna, se tomaron los últimos 10 ml en el tubo colector y se vació rápidamente al matraz Erlenmeyer, después de la reducción, agregué 4 gotas de la solución de sulfanilamida. El reactivo reacciona durante un periodo mayor de 2 minutos, y finalmente agregar 4 gotas de solución de

naftiletilendiamina. Entre 10 minutos y dos horas máximo medir la extinción de la solución con respecto al agua destilada usando una longitud de onda de 543 nm.

Para los nitritos (NO_2) se siguió el método de Shinn (1941) aplicado al agua de mar por Bendschneider y Robinson (1952). Para la determinación de este análisis tanto las probetas como los matraces a utilizar deben ser enjuagados dos veces con la muestras y vaciarlos invirtiéndolos y agitándolos. Después se aforan 10 ml de la muestra en una probeta graduada, se depositan en un matraz Erlenmeyer y posteriormente se agregan 4 gotas de la solución de sulfanilamida. Se dejó que el reactivo reaccionara durante un periodo mayor de 2 minutos, pero que no pase de 8 y se agregaron 4 gotas de solución de naftiletilendiamina mezclando de inmediato. Entre 10 minutos y dos horas más tarde se midió la extinción de la solución con respecto al agua destilada usando una longitud de onda de 543 nm.

Para el fósforo reactivo (PO_4) se siguió la metodología de Murphy y Riley (1962), la cual consistió en agregar 25 ml de muestra en un matraz Erlenmeyer, enseguida se agregó 2.5 ml de reactivo mezclado con una pipeta mezclando de inmediato. Después de 5 minutos y de preferencia en las primeras 2 ó 3 horas se midió la extinción de la solución con respecto al agua destilada a una longitud de onda de 885 nm.

El silicato reactivo (SiO_3) se determinó de acuerdo a Riley (1963). Este proceso consistió en agregar 10 ml de solución de molibdato de amonio en un matraz plástico con tapón, posteriormente se agregaron 25 ml de la muestra de agua de mar y se mezcló la solución, se dejó que reposara la mezcla durante 10 minutos. Transcurrido este tiempo se agregó 15 ml del reactivo reductor para tener un volumen de 50 ml. La solución reposó durante 2 ó 3 horas, se midió la extinción de la solución con respecto al agua destilada, utilizando una longitud de onda de 810 nm en un espectrofotómetro. Todas las lecturas de los nutrientes se realizaron en un espectrofotómetro Termo Spectronic Genesys 2.

Las muestras de agua para determinar clorofila-a (Cl-a) fueron filtradas con filtros de fibra de vidrio Whatman (GF/F 0.7 μm) usando una bomba de vacío, al momento de realizar la filtración se protegió las muestras de la luz, posteriormente los filtros se guardaron en papel aluminio y congeló a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta efectuar la extracción del pigmento con acetona al 90% durante 24 horas, según lo recomendado por Strickland y Parsons (1972). Posteriormente se realizó la lectura a 664 nm en un espectrofotómetro. Los cálculos de la concentración de Cl-a se realizaron de acuerdo a las ecuaciones de Jeffrey y Humphrey (1975).

Para la determinación de seston orgánico e inorgánico los filtros utilizados fueron previamente pesados de acuerdo a la metodología descrita por Ruiz-García (2006). Se filtraron entre 100 y 1000 ml de agua mar del sitio de cultivo a través de un filtro Whatman GF/C de 4.7 cm de diámetro aplicando vacío con una bomba eléctrica marca NALGEN[®]. Los filtros con las muestras se colocaron en un horno a $103\text{-}105\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 1 h, posteriormente se pesaron para obtener el seston inorgánico, y se colocaron en un horno de mufla a $550 \pm 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 20 min. Los filtros se pesaron de nuevo para obtener el seston orgánicos como la diferencia del peso.

VI.5. Variables microbiológicas

Para evaluar la contaminación bacteriológica del agua del sitio de cultivo, se utilizaron bacterias coliformes totales y fecales, mediante el método del número más probable (NMP) con serie de tres tubos, basado en la técnica de tubos de fermentación múltiple y la propiedad que tiene el grupo coliformes de fermentar la lactosa con la formación de gas en condiciones específicas de tiempo y temperatura (American Public Health Association (APHA), 1985; Ulloa-Pérez, 2005;). Las muestras de agua de mar superficial para bacterias coliformes se recolectaron en bolsas plásticas estériles de 250 ml. Se preservaron en hielo a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ y se transportaron de inmediato al laboratorio para su análisis inmediato (antes de 12 horas).

El análisis consistió en las pruebas presuntiva y confirmativa. Se utilizó caldo lactosado como medio presuntivo, a 37 °C, durante 48 horas. La confirmación se realizó en medio verde bilis brillante a 37 °C, durante 48 °C, para coliformes totales, y medio EC a 44 ± 1°C, en baño de agua durante 24 horas, para coliformes fecales. A partir del número de tubos que dan reacciones positivas en los medios presuntivos y confirmativos, se calculó por referencia a las tablas estadísticas el número más probable de organismos coliformes totales y coliformes fecales en 100 ml de la muestra.

VI.6. Parámetros biológicos

Los análisis biológicos consistieron en mediciones quincenales de mortalidad y crecimiento.

VI.6.1. Supervivencia y mortalidad

El número de organismos muertos se registró quincenalmente en cada módulo hasta el término del cultivo, posteriormente se utilizó para calcular el porcentaje de supervivencia usando la siguiente fórmula.

$$\text{Supervivencia} = (\text{N}^\circ \text{ de organismos finales} / \text{N}^\circ \text{ de organismos iniciales}) * 100$$

ecuación (1)

VI.6.2. Crecimiento

De acuerdo a Galtsoff (1964), quincenalmente se midieron *in situ* 50 organismos de la especie *C. corteziensis*. Las biometrías se realizaron con un vernier digital (Mitutoyo, CD-8"CS) para determinar longitud, largo y ancho de la concha. Se utilizó una balanza granataria (OHAUS, Scout Pro SP 2001) para el peso húmedo total o peso vivo de los organismos.

La tasa diaria de crecimiento se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$DWR = (t_1 - t_0) / d \quad \text{ecuación (2)}$$

DRW= Tasa diaria de crecimiento

t_1 = altura en tiempo 1

t_0 = altura en el tiempo 0

d= días

Una vez calculada la tasa diaria de crecimiento los datos obtenidos se utilizaron para calcular crecimiento mensual de los organismos en cultivo en el paquete Excel.

VI.7. Índice de condición fisiológica

Mensualmente se colectaron 30 individuos, los cuales se transportaron al laboratorio del CIIDIR-IPN, Unidad Sinaloa, para ser limpiados de organismos epibiontes, materia orgánica e inorgánica. Su peso húmedo total fue registrado en una balanza analítica (plus OHAUS AP210) de 1/100 g de precisión. Posteriormente se disectaron para separar el tejido blando de la concha. El peso seco, tanto de la concha como el tejido blando, se obtuvo colocando las muestras en charolas de aluminio, se secaron en una estufa (Riossa EC-41) a 100 °C durante 24 horas. Los pesos secos de la concha y la carne se cuantificaron en la balanza analítica.

El índice de condición de fisiológica fue utilizado para describir la salud fisiológica de la ostra (Chávez-Villalba *et al.* 2008).

Para su cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$I.C.F.= P1 \times 1000 / P2 \quad \text{ecuación (3)}$$

Donde

P1= Peso seco del tejido blando

P2= Peso seco de la concha

VI.8. Análisis estadísticos

Se realizaron análisis de correlaciones entre las variables de crecimiento (altura) con las variables físico-químicas del agua (temperatura del agua, temperatura ambiente, salinidad, transparencia, profundidad, pH, oxígeno disuelto, nitrógeno inorgánico disuelto, fosfatos, silicatos, clorofila-a). Además, para determinar diferencias estadísticas entre el crecimiento de las tres densidades (14, 28 y 42 orgs/canasta) de cultivo primero se realizaron pruebas de normalidad y homocedasticidad a los datos y posteriormente. Si los datos eran normales y homocedásticos, se llevó a cabo una ANDEVA y si se observaron diferencias significativas entre las densidades, se llevó a cabo una comparación de medias de Tukey con un nivel de confianza del 95%, usando el paquete estadístico *STATISTICA*^{MR} 7.0. Para determinar la relación de la clorofila-a, seston (orgánico e inorgánico) y los parámetros poblacionales (tasa de crecimiento, supervivencia) con el crecimiento e índice de condición fisiológico de *C. corteziensis* se aplicó un coeficiente de correlación (r) y se realizaron pruebas de significancia (prueba F con $\alpha < 0.05$) a las correlaciones.

VII. RESULTADOS

VII.1. Variables físicas del agua

La temperatura del mar presentó una variación estacional con valores mínimos en invierno y máximos en verano, se observó un aumento gradual de la temperatura del mar de enero hasta agosto (18.5 a 32.5 °C) (Figura 14). Posteriormente se registró una clara disminución de septiembre hasta enero con un ligero incremento en febrero de 2011, al finalizar el periodo de muestreo. La salinidad más baja se registró en enero de 2011 con un promedio de 25 ‰, alcanzando su máxima concentración en septiembre de 2010 con 39.5 ‰ (Figura 14). EL oxígeno disuelto presentó su menor concentración en marzo de 2010 con 5.33 mg L⁻¹, a partir del mes de septiembre se observó un incremento progresivo hasta alcanzar su máxima concentración de 8.62 mg L⁻¹ en febrero de 2011.

Al finalizar el cultivo, en la densidad de 14 organismos/canasta, se alcanzó una talla de 77.38 ± 1.08 mm, la densidad de 28 finalizó el ciclo con una talla de 85.55 ± 1.29 mm, mientras que en la densidad de 42 fue de 82.10 ± 1.41 mm (Figura 14). Al evaluar los datos correspondientes al crecimiento en altura, no se encontró diferencia significativa en el crecimiento con cada densidad ($P = 0.5304$) que pudiera ser atribuible a la densidad de cultivo (Figura 14).

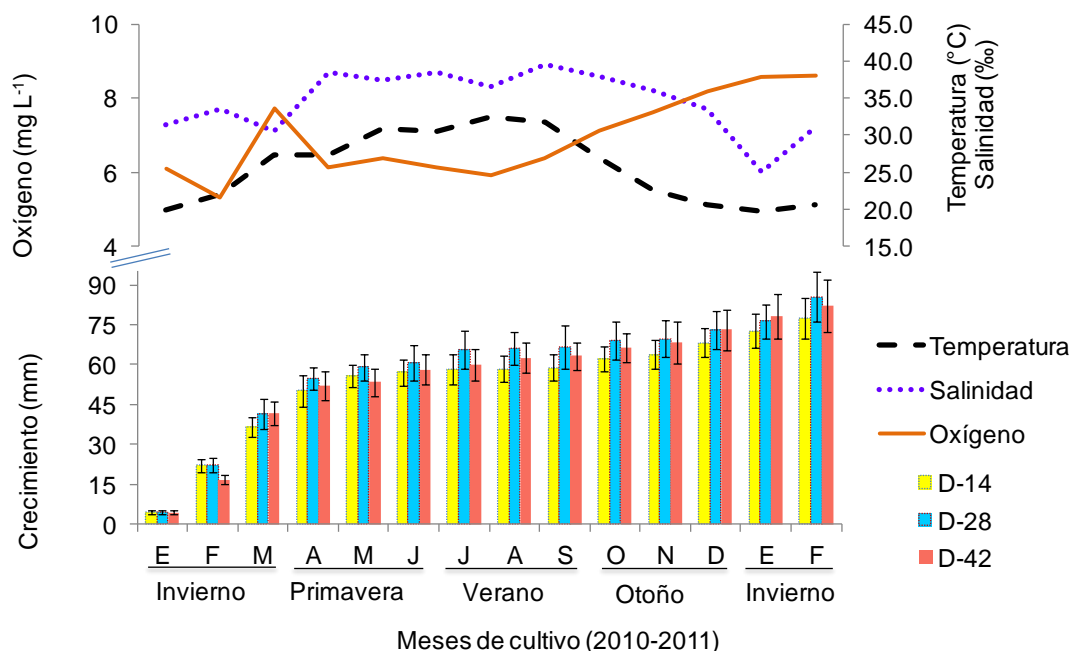


Figura 14. Crecimiento promedio en altura (mm) de *Crassostrea corteziensis* cultivado a diferentes densidades 14, 28 y 42 organismos/canasta, en relación a los parámetros físicos de temperatura del agua, salinidad y oxígeno disuelto.

En la relación del crecimiento de *C. corteziensis*, se presentó una correlación significativa ($P < 0.05$) en las tres densidades (14, 28 y 42 organismos por canasta) con el oxígeno disuelto ($r = 0.554$, 0.556 y 0.556 , respectivamente) y con la clorofila-*a* ($r = 0.552$, 0.582 y 0.582) en el mismo orden (Tabla 1). Es importante mencionar que aun que el oxígeno se correlacionó de manera significativa con el crecimiento, al parecer su concentración no fue limitante para el crecimiento de los organismos en cultivo, ya que cuando se registró la menor concentración en este parámetro los organismos presentaron un crecimiento positivo (Tabla 1).

Cuadro 1. Correlaciones de Spearman entre el crecimiento y las variables físicas (temperatura del ambiente y agua, oxígeno disuelto, salinidad, pH, Silice y Clorofila-a en el estero La Pitahaya, Guasave, Sinaloa.

Variable	Temperatura (°C)		OD (mg L ⁻¹)	Salinidad (‰)	pH	Si (µM)	Cl-a (mg Cl-a m ⁻³)
	Ambiente	Agua					
T. Ambiente							
T. agua	0.909						
OD	-0.406	-0.457					
Salinidad	0.768	0.764	-0.535				
pH	-0.582	-0.526	0.057	-0.469			
SI	-0.585	-0.721	0.731	-0.409	0.255		
Cl a	-0.108	-0.202	0.626	-0.006	-0.039	0.635	
D-14	0.146	0.002	0.554	0.002	-0.522	0.422	0.552
D-28	0.154	0.013	0.556	0.017	-0.530	0.410	0.582
D-42	0.154	0.013	0.556	0.017	-0.530	0.410	0.582

Los números en rojo significan una correlación significativa ($P < 0.05$).

El resto de las variables no presentaron correlación (r) con el crecimiento y si con alguna otra de las variables analizadas. La temperatura ambiente se correlacionó significativamente de manera positiva con la temperatura del agua (0.909) y la salinidad (0.768) y de manera negativa con el seston orgánico (-0.585) y el pH (-0.582970). La temperatura del agua se correlaciono significativa con la salinidad (0.764) y presentó una correlación inversa significativa con el seston orgánico (-0.721673). El oxígeno disuelto, además de correlacionarse con el crecimiento de los organismos en estudio, se correlacionó de manera positiva y significativa con el seston orgánico (0.731868) y con la clorofila-a (0.626374) y de manera negativa y significativa con la salinidad (-0.535244) (Tabla 1).

Un aspecto importante que hay que resaltar en cuanto al crecimiento de *C. corteziensis* en relación temperatura del agua, es el hecho de que aun que este parámetro no presentó una correlación significativa con el crecimiento de los

organismos en cultivo, éstos presentaron un crecimiento positivo durante los primeros meses de febrero a mayo en las densidades de 14 y 28, y de febrero a abril en la densidad de 42 organismos cuando se registraron temperaturas promedio de 20 a 27°C (Figura. 15).

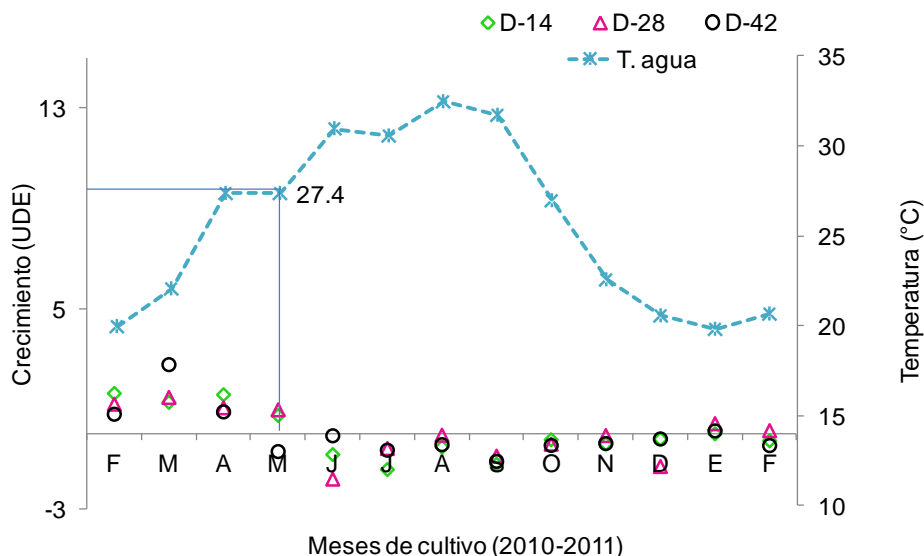


Figura 15. Temperatura del agua respecto al crecimiento en altura en unidades de desviación estándar (UDE) de *Crassostrea corteziensis* cultivado a tres densidades de 14, 28 y 42 organismos/canasta.

VII.2. Variables químicas del agua

VII. 2.1. Nutrientes

Las formas nitrogenadas nitratos (NO_3), nitritos (NO_2), amonio (NH_4) se reportan como Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID), que representa la suma de las concentraciones encontradas de las formas nitrogenadas inorgánicas disueltas. La concentración mínima se registró en primavera con 0.69 y 0.79 μM (abril y mayo) y la máxima en invierno 2011. Observándose un incremento progresivo en su concentración a partir de diciembre de 2010 hasta llegar a su máxima concentración en febrero (32.62 μM) de 2011. El ortofosfato (PO_4) presentó la menor concentración

(0.65 μM) durante el verano (julio) de 2010, con un posterior incremento en su concentración hasta alcanzar su máximo (3.23 μM) en septiembre de 2010. A partir de este mes se presentó una disminución en la concentración para incrementarse nuevamente durante el invierno (diciembre) del mismo año a una concentración de 3.20 μM . Para el sílice, los resultados mostraron un amplio intervalo de variación de 22.09 ± 10.77 - 117 ± 1.07 , presentando la misma tendencia que el ortofosfato, la menor concentración promedio (22.10 μM) se registró durante el verano (julio) de 2010 con un posterior incremento de (86.11 μM) en septiembre, seguido por una disminución y un nuevo incremento hasta alcanzar su mayor concentración 117.35 μM en diciembre de 2010 (Figura 16).

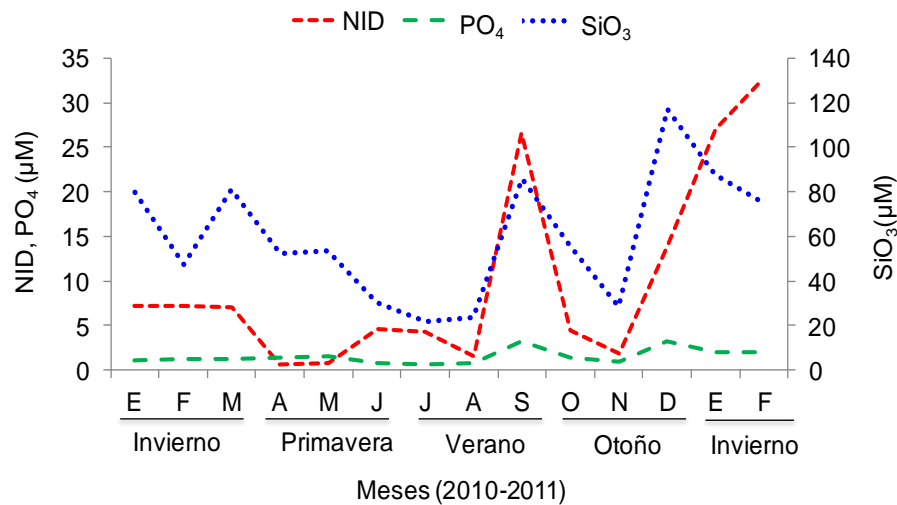


Figura 16. Variación de la concentración de nutrientes como nitrógeno inorgánico disuelto (NID), silicato reactivo (SiO_3) y fósforo reactivo (PO_4), en el estero La Pitahaya, Guasave, Sinaloa.

La relación de las variables químicas del agua con el crecimiento en las tres densidades (14, 28 y 42 organismos/canasta) no presentó correlaciones significativas ($P < 0.05$). El NID, fósforo reactivo (PO_4) y el silicato reactivo (SiO_3) presentaron correlación significativa de la siguiente manera, el NID se correlacionó significativamente con el PO_4 ($r = 0.560$) y con el SiO_3 ($r = 0.670$) y el PO_4 se

correlacionó con el SiO_3 ($r = 0.806$) (Tabla 2). Por otra parte al comparar la concentración de nutrientes en el área de estudio con la clasificación de Ignatiades *et al.* (1992) para identificar el nivel trófico del sistema los valores registrados en el estero La Pitahaya, encontramos que son identificados como propios de ambientes eutróficos y con concentraciones mayores para P- PO_4 (0.34 ± 0.28), N- NO_3 (0.35 ± 0.22) y N- NH_4 (1.15 ± 0.90) en Tabla (3).

Cuadro 2. Correlación de Spearman entre el crecimiento (mm) y las variables químicas de nitrógeno inorgánico disuelto (NID), fosfatos (PO_4) y Silicatos (SiO_3) en el estero La Pitahaya, Guasave, Sinaloa.

Variable	NID (μM)	PO_4 (μM)	SiO_3 (μM)
NID			
PO_4	0.560		
SiO_3	0.670	0.806	
D-14	0.312	0.303	0.134
D-28	0.353	0.384	0.200
D-42	0.353	0.384	0.200

Los números en rojo significan correlación significativa ($P < 0.05$).

Tabla 3. Clasificación del nivel trófico de cuerpos de agua de Ignatiades *et al.*, 1992 en referencia a la concentración de compuestos nitrogenados y fosfatos en ambientes lagunares.

Tipo de agua (Nivel trófico)	P- PO_4	N- NO_3	N- NH_3
Oligotrófica	0.03 ± 0.03	0.23 ± 0.21	0.38 ± 0.23
Mesotrófica	0.09 ± 0.05	0.26 ± 0.17	0.84 ± 0.47
Eutrófica	0.34 ± 0.28	0.35 ± 0.22	1.15 ± 0.90
La Pitahaya	1.52 ± 1.1	5.36 ± 7.6	4.51 ± 10.1

VII. 2.2. Clorofila-a, seston orgánico e inorgánico

La biomasa fitoplanctónica estimada indirectamente a través de la clorofila-a presentó una tendencia a incrementar en su concentración en el ciclo anual, alternada con meses de máxima concentración (abril y diciembre). El valor más bajo de este pigmento se registró durante el invierno (febrero) de 2010 con $4.05 \text{ mg Cl-a m}^{-3}$, y la máxima concentración se registró a finales del otoño (diciembre) del mismo año con $15.73 \text{ mg Cl-a m}^{-3}$ (Figura 17).

En cuanto al seston inorgánico (SI), fue más alto que el seston orgánico (SO) durante todos los muestreos y ambos siguieron un patrón similar, El mayor valor de SO se obtuvo en invierno (febrero) del 2011 con 17.7 mg L^{-1} , el mínimo se registró durante el verano (agosto) de 2010 con 4.5 mg L^{-1} . La mayor concentración de SI se presentó en invierno (enero) con 66.6 mg L^{-1} y la menor en verano (agosto) de 2010 con 24.1 mg L^{-1} (Figura 17). Además, se aplicó la razón seston inorgánico/seston orgánico, conocer esta relación es muy importante ya que tiene influencia sobre los factores de alimentación de los filtroalimentadores, encontramos que en la mayor parte del cultivo los valores fueron mayores a cuatro como límite recomendable, variando de 4.6 a 6.6 mg L^{-1} . Los valores menores a cuatro se registraron en enero y febrero del 2011 con 2.18 a 3.00 mg L^{-1} , respectivamente (Figura 18).

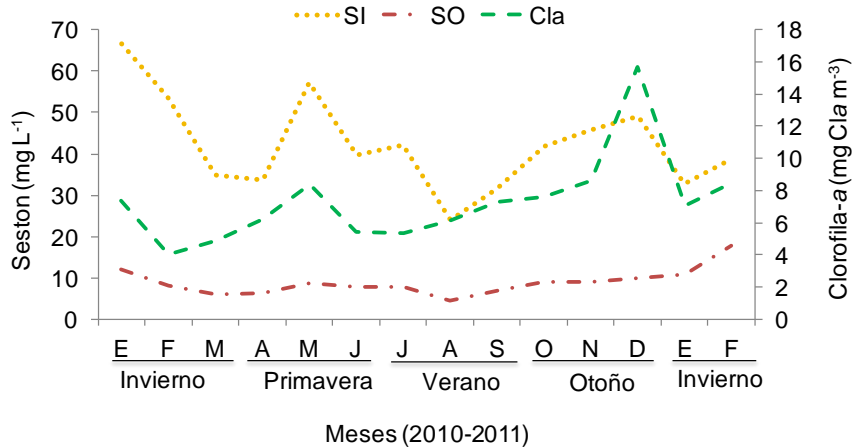


Figura 17. Distribución de la concentración de clorofila-a, seston orgánico (SO) y seston inorgánico (SI), durante el periodo de enero de 2010 a febrero de 2011, en el estero La Pitahaya, Guasave, Sinaloa, México.

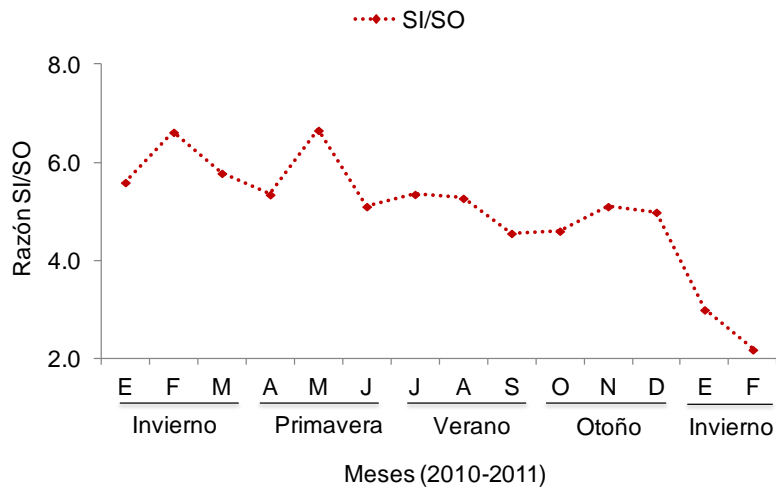


Figura 18. Variación de la razón, seston inorgánico/seston orgánico (SI/SO) durante el periodo de enero de 2010 a febrero de 2011, en el estero La Pitahaya, Guasave, Sinaloa, México.

Al relacionar la concentración de clorofila-a, seston orgánico e inorgánico con el crecimiento del ostión de placer *C. corteziensis* encontramos que el crecimiento se relacionó directamente con la clorofila-a y seston orgánico de las tres densidades de cultivo (Figura 19 y Tabla 4). El coeficiente de correlación del crecimiento y el seston

orgánico explicó del 0.57 al 0.51% en (Tabla 4) para las tres densidades (14, 28 y 42 organismos/canasta). La prueba de hipótesis mostro que en ambos casos las correlaciones fueron significativas ($F = 8.00$ a 11.00 ; Tabla 4). La clorofila-a presentó un coeficiente de correlación con el crecimiento del 0.57, 0.52 y 0.56%, para la densidad de 14, 28 y 42 organismos/canasta, lo que nos indica que durante ciclo de cultivo estos dos factores fueron adecuados para el crecimiento de la especie en estudio y que cuando la concentración de seston y clorofila-a aumentan el crecimiento se incrementa (Figura 19; tabla. 4). Sin embargo, los coeficientes de determinación o varianza explicada en todos los casos fueron sólo cercanos al 50 % para la relación del crecimiento con clorofila y seston. La prueba de hipótesis mostro que en ambos casos las correlaciones fueron significativas ($F = 8.00$ a 12.00 ; Tabla 4).

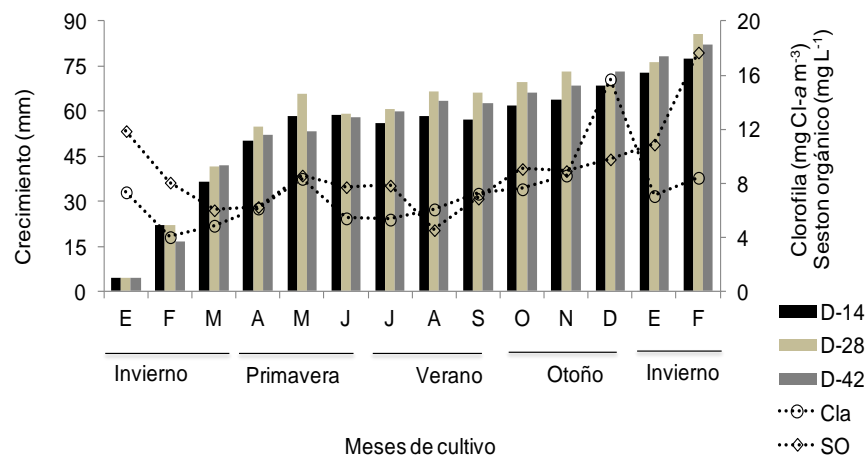


Figura 19. Relación del crecimiento (mm) en las tres densidades (14, 24 y 42 organismos) con la clorofila-a y seston orgánico como disponibilidad de alimento en cultivo experimental.

Cuadro 4. Coeficiente de correlación del crecimiento (mm) del ostión *Crassostrea corteziensis* cultivado a tres densidades 14, 28 y 42 organismos/canasta con el seston orgánico e inorgánico y clorofila-a (mg L^{-1}) ambos como disponibilidad de alimento.

Crecimiento (mm)	D-14			D-28			D-42		
	Correl. (<i>r</i>)	R ²	F	Correl. (<i>r</i>)	R ²	F	Correl. (<i>r</i>)	R ²	F
Seston inorgánico	-0.20	0.04	0.97	-0.24	0.06	1.46	-0.33	0.11	2.84
Seston orgánico	0.57	0.33	11.59	0.54	0.29	9.65	0.52	0.27	8.79
Clorofila a	0.58	0.33	12.06	0.52	0.27	8.94	0.56	0.31	10.97

El análisis de varianza de una vía aplicado a la talla (mm de altura) de las tres densidades de cultivo (14, 28 y 42 organismo/canasta) en el invierno (febrero; $P = 0.00001$), primavera (mayo; $P = 0.00001$), verano (agosto; $P = 0.0001$) y otoño (noviembre; $P = 0.000056$) de 2010 y en invierno (febrero; $P = 0.000062$) de 2011, mostraron diferencias significativas en el crecimiento. En febrero (invierno) de 2010, la prueba de Tukey aplicada indicó diferencias significativas ($P < 0.05$) en el crecimiento del ostión cultivado a una densidad de 42 organismos/canasta, su crecimiento fue significativamente menor al de las densidades de 14 y 28 organismos/canasta, el crecimiento entre estas últimas densidades fueron iguales (no presentó diferencias significativas, Figura 20). Para el periodo de primavera representado por el mes de mayo el análisis de medias de Tukey mostró que el crecimiento entre las tres densidades de cultivo (14, 28 y 42 organismos/canasta) fue estadísticamente diferente ($P < 0.05$). Durante el verano, otoño e invierno la prueba *a posteriori* mostró que el crecimiento de los ostiones cultivados a una densidad de 14 organismos canasta fue estadísticamente diferente ($P < 0.05$) de las densidades de 28 y 42 organismos canasta (Figura 20).

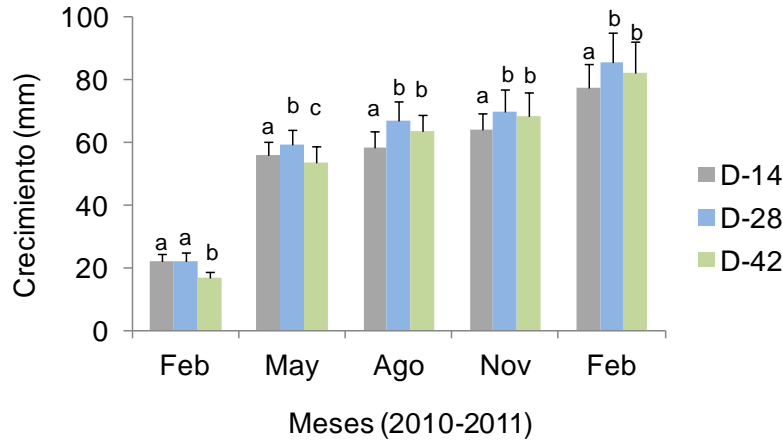


Figura 20. Crecimiento promedio en altura (\pm error estandar) del ostión de placer *Crassostrea corteziensis* cultivado a tres densidades (14, 28 y 42 organismos/canasta) en el estero La Pitahaya, Guasave, Sinaloa.

El índice de condición fisiológica (ICF) se relacionó significativamente (F) con la concentración de clorofila- a y seston orgánico e inorgánico en las tres densidades de cultivo (Figura 21). La clorofila- a presentó una baja correlación, excepto con la densidad de 14 organismos/canasta. El coeficiente de correlación del ICF y seston orgánico explicó del 0.35 al 0.54% de la varianza (Tabla 5) en las tres densidades (14, 28 y 42 organismos/canasta). En cuanto a la clorofila- a esta presentó un coeficiente de correlación bajo con el índice de condición de 0.15%, 0.15% y 0.08%, para la densidad de 14, 28 y 42 organismos/canasta, respectivamente. Los coeficientes de determinación o varianza explicada en todos los casos fueron bajos para la relación del ICF con clorofila- a y ambos seston. La prueba de hipótesis mostró que entre el índice de condición y el seston orgánico las correlaciones fueron significativas ($F = 13.00$ a 29.00 ; Tabla 6), para la relación ICF y clorofila- a la prueba de hipótesis mostró que las correlaciones sólo fueron significativas para la densidad de 14 organismos canasta ($F = 4.33$; tabla 5). Esto nos sugiere que la concentración de seston orgánico durante el ciclo de cultivo fue suficiente para que las ostras aumentaran las reservas de energía estimado del ICF (Figura 21)

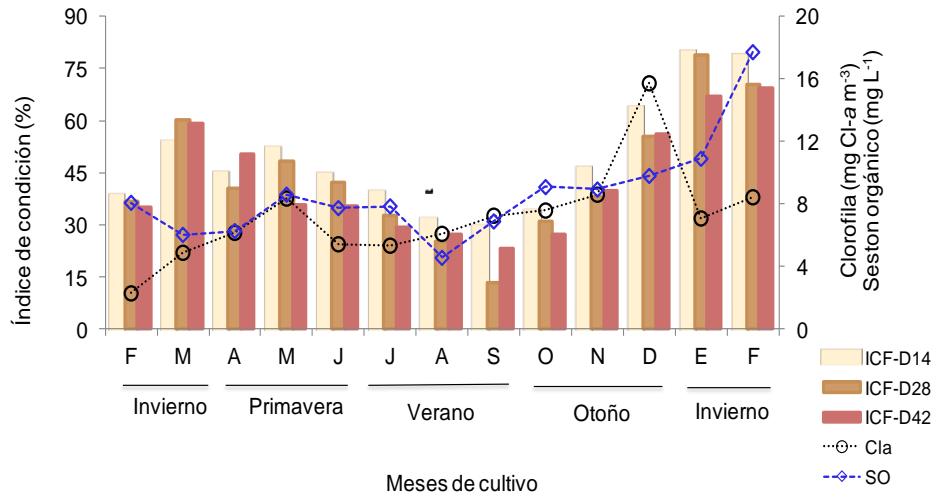


Figura 21. Relación del índice de condición fisiológica con la clorofila-a y seston orgánico como disponibilidad de alimento

Cuadro 5. Coeficiente de correlación del índice de condición (ICF en %) del ostión *Crassostrea corteziensis* cultivado a tres densidades 14, 28 y 42 organismos/canasta con el seston orgánico e inorgánico (mg L^{-1}) y clorofila-a (mg Cl-a m^{-3}), ambos como disponibilidad de alimento.

Índice de Condición Fisiológica (%)	D-14			D-28			D-42		
	Correl. (<i>r</i>)	R ²	<i>F</i>	Correl. (<i>r</i>)	R ²	<i>F</i>	Correl. (<i>r</i>)	R ²	<i>F</i>
Seston inorgánico	0.087	0.008	0.185	0.105	0.011	0.267	-0.061	0.004	0.089
Seston orgánico	0.741	0.549	29.196	0.621	0.386	15.059	0.594	0.353	13.080
Clorofila a	0.391	0.153	4.333	0.234	0.055	1.395	0.287	0.083	2.160

El índice de condición fisiológica (ICF) durante el invierno (febrero) de 2010 no presentó diferencias significativas en las tres densidades (14, 28 y 42 organismos/canasta; $P = 0.931849$), y se encontraron diferencias significativas en primavera (mayo; $P = 0.0001$), verano (septiembre; $P = 0.0004$) y otoño (noviembre; $P = 0.002$) de 2010, así como invierno (febrero; $P = 0.018382$) de 2011. El análisis de Tukey en el periodo de primavera mostro que el ICF de la densidad de 42 organismos por canasta, fue significativamente menor al de las densidades de 14 y

28 organismos canasta, entre estas últimas densidades no presentó diferencias significativas (Figura 22). Durante el verano y otoño las pruebas *a posteriori* mostraron que las densidades de 28 y 42 organismos/canasta, el ICF fue estadísticamente menor ($P<0.05$) al de la densidad de 14 organismos canasta (Figura 22)

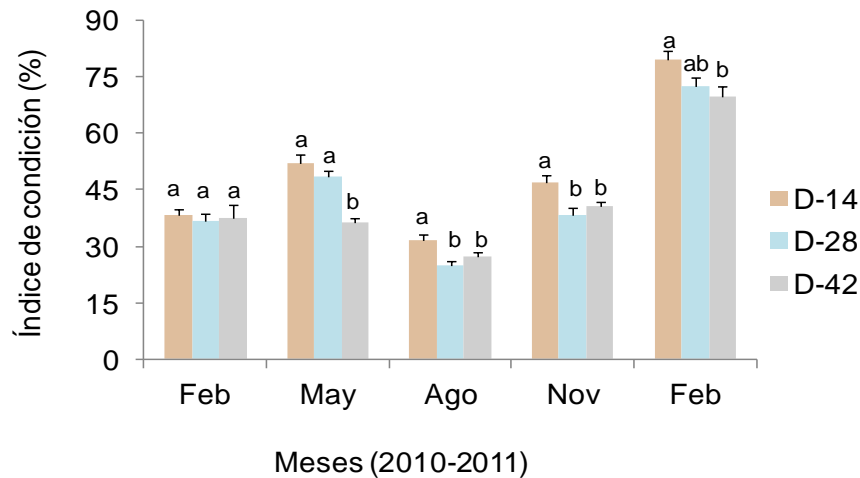


Figura 22. Índice de condición (\pm ES) del ostión de placer *Crassostrea corteziensis* cultivado a tres densidades (14, 28 y 42 organismos/canasta) en el estero La Pitahaya, Guasave, Sinaloa.

VII.2.3. Tasa de crecimiento, supervivencia e índice de condición fisiológica

La tasa de crecimiento para *C. corteziensis* se calculó de manera mensual en las tres densidades, durante el ciclo de cultivo en la densidad de 14 organismos/canasta se tuvo una tasa de crecimiento promedio de 4.96 mm mes^{-1} (de 4.31 a 77.30 mm de altura), en la densidad de 28 fue de 5.37 mm mes^{-1} (de 4.31 a 85.5 mm) y la densidad de 48 fue de 5.27 mm mes^{-1} (4.31 a 82.10 mm) (Figura 23). El periodo de invierno-primavera de 2010 el crecimiento mensual fue mayor en las densidades 14, 28 y de febrero a abril en la densidad de 42 organismos. Las menores tasas de crecimiento se registraron durante el verano en los meses de agosto y septiembre (Figura 23) en todas las densidades.

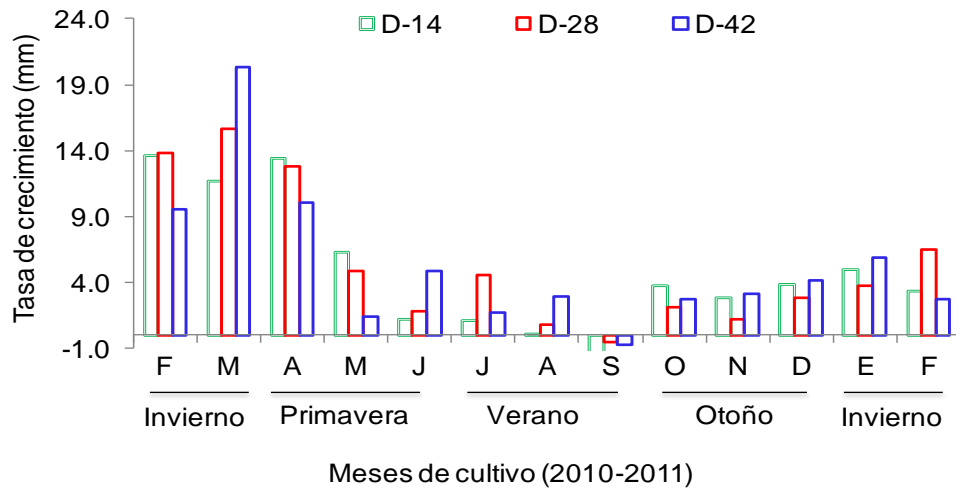


Figura 23. Tasa de crecimiento mensual en altura (mm) de *Crassostrea corteziensis* cultivado a diferentes densidades 14, 28 y 42 organismos/canasta en el estero la Pitahaya, Guasave, Sinaloa.

Al concluir el cultivo experimental, la supervivencia del ostión fue evaluada, se observó un comportamiento similar en las tres densidades, la mortalidad se dio a finales de la primavera (junio) y continuo hasta mediados de otoño (noviembre) de 2010, finalizando con una supervivencia de 97.86, 97.04, 96.95 %, para la densidad de 14, 28 y 42 organismos/canasta, respectivamente. Esta supervivencia se mantuvo hasta el termino del cultivo, no se encontraron diferencias significativas ($P = 0.6376$) entre las tres densidades analizadas (Figura 24).

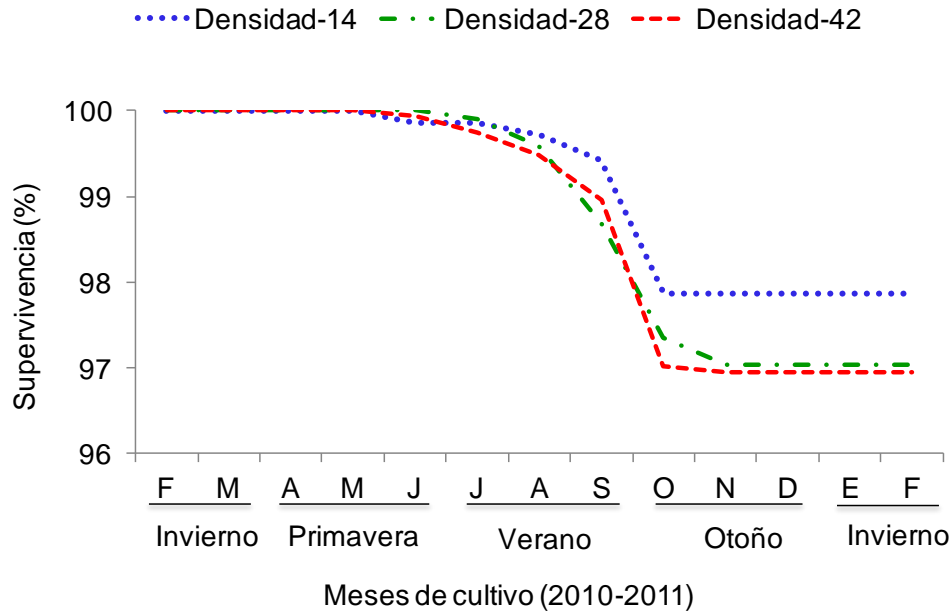


Figura 24. Supervivencia final de *Crassostrea corteziensis* cultivado a densidad de 14, 28 y 42 organismos/canasta durante un ciclo de cultivo en el estero La Pitahaya, Guasave, Sinaloa.

Se relacionaron el índice de condición fisiológica (ICF) con la tasa de crecimiento y la supervivencia en las tres densidades (14, 28 y 42 organismos/canasta). El coeficiente de correlación entre el ICF y la supervivencia presentó una correlación inversa y explicó del -0.36 a -0.52% (Tabla 6) en las tres densidades analizadas. La supervivencia y el ICF en la densidad de 14 organismos/canasta fueron superiores a las densidades de 28 y 42 organismos (Figura 25). La prueba de hipótesis mostró que entre índice de condición y la supervivencia las correlaciones fueron significativas ($F = 3.70$ y 8.92 ; Tabla 6) (Figura 25). La tasa de crecimiento presentó un coeficiente de correlación alto con el índice de condición de 0.31% y 0.44%, en las densidad de 28 y 42 organismos/canasta, mientras que la densidad de 14 organismo/canasta la correlación fue baja 0.13% (Tabla 6; Figura 26). Los coeficientes de determinación o varianza explicada en todos los casos fueron bajos para la relación ICF, supervivencia y tasa de crecimiento. La prueba de hipótesis para la relación ICF y tasa de crecimiento mostró que entre estos dos factores, las correlaciones fueron significativas para la densidad de 14 y 28

organismos/canasta ($F = 4.54, 5.84$ respectivamente; tabla 6). Esto nos sugiere que cuando el índice de condición aumenta, la tasa de crecimiento en el ostión de placer *C. corteziensis* también aumenta (Figura 26).

Cuadro 6. Coeficiente de correlación entre el índice de condición fisiológica (ICF %), tasa de crecimiento (mm) y supervivencia (%) del ostión de placer *C. corteziensis*.

Índice de Condición Fisiológica (%)	D-14			D-28			D-42		
	Correl. (r)	R ²	F	Correl. (r)	R ²	F	Correl. (r)	R ²	F
Tasa de crecimiento (mm)	0.136	0.019	0.454	0.317	0.101	2.680	0.443	0.196	5.847
Supervivencia (%)	-0.521	0.271	8.929	-0.366	0.134	3.706	-0.397	0.158	4.495

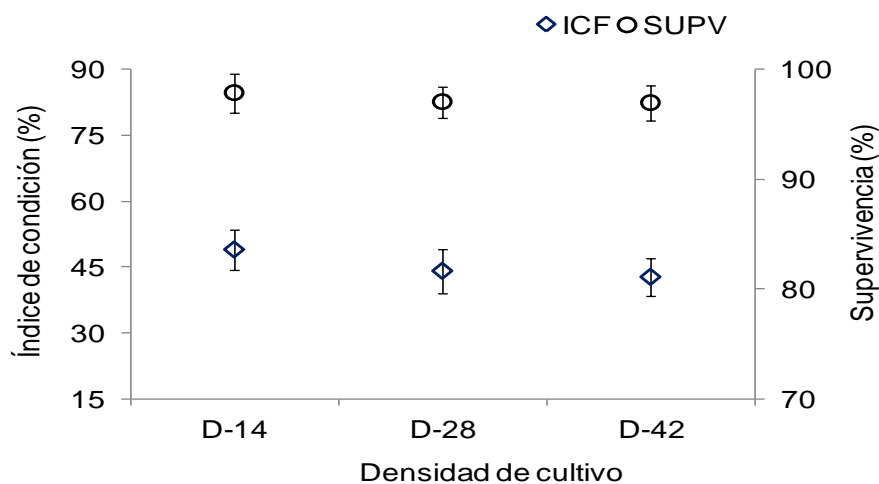


Figura 25. Relación del índice de condición fisiológica (ICF) con la supervivencia del ostión de placer *C. corteziensis* en las tres densidades, se muestra la media \pm error estándar.

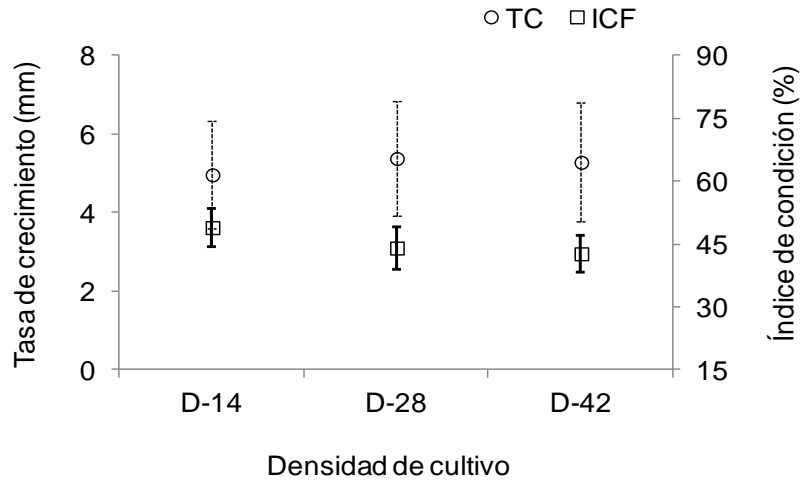


Figura 26. Relación del índice de condición fisiológica con la tasa de crecimiento del ostión de placer *C. corteziensis*, se muestra la media \pm el error estándar.

VII. 2.4. Variables microbiológicas

Los resultados obtenidos en cuanto a la calidad microbiológica del sitio de cultivo encontramos que la mayor concentración promedio de bacteria se registró en primavera (mayo) para los coliformes totales con 50 organismos como número más probable (NMP) en 100 ml de muestra. Los coliformes fecales, registraron la mayor concentración en primavera (abril y mayo) de 2010 con 48.5 NMP, concluyendo el ciclo de cultivo con un promedio de 15.67 NMP/100 ml de coliformes totales y 14.32 NMP/100 ml para coliformes fecales, las cuales se encontraron dentro de los criterios ecológicos de calidad del agua con relación a su uso para la protección de la vida acuática (Figura 27).

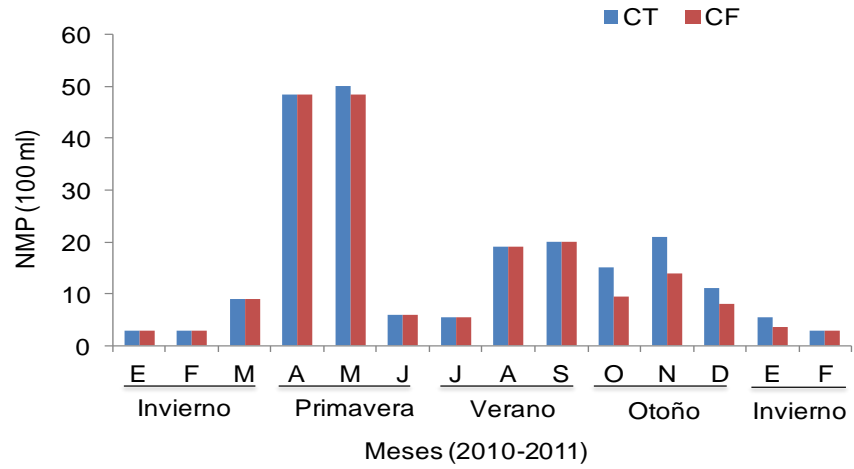


Figura 27. Variación de la concentración de coliformes fecales y totales (NMP/100 ml) durante el cultivo de *C. corteziensis* en el estero La Pitahaya, Guasave, Sinaloa.

VIII. DISCUSIONES

Es importante determinar el efecto de la densidad en el desarrollo de cualquier organismo en cultivo, porque es uno de los factores que determinan el crecimiento y supervivencia de las especies. La densidad de cultivo afecta a los moluscos bivalvos, como el ostión de placer *C. corteziensis*, porque son filtroalimentadores y existe un proceso natural de competencia por espacio y alimento (Ruiz-García, 2006). A pesar de ser un tema de importancia no existen suficientes estudios sobre el manejo de densidades en el cultivo del ostión de placer debido principalmente a que la especie ha sido incorporada recientemente al proceso acuícola (Mazón-Suástegui *et al.*, 2001, 2002). Otro aspecto que es importante conocer en el cultivo del ostión de placer es la variación del índice de condición fisiológica, del cual no hay muchos informes en esta especie. El índice de condición o cantidad relativa de carne en los bivalvos, ha sido utilizado para estimar el valor del organismo para su explotación y consumo. Así como para determinar tamaño comercial en moluscos, tanto para la explotación racional y manejo sustentable de las poblaciones naturales, como para establecer los costos de producción en cultivo (Cruz y Villalobos, 1993).

Las condiciones ambientales en los sitios de cultivo varían a lo largo del año y tienen efecto en la población cultivada, debido principalmente a la influencia de la temperatura, la salinidad y disponibilidad de alimento durante un ciclo anual (Ruiz-García, 2006). La temperatura es considerada de entre los factores climáticos, como una de las variables físicas más importantes en las lagunas costeras, ya que afecta de forma directa o indirecta variables tales como la tasa de evaporación, salinidad y saturación de oxígeno (Magaña-Álvarez, 2004). Existe poca información del efecto de la variación ambiental de factores abióticos y bióticos sobre el crecimiento y supervivencia del ostión de placer. Arreola-Lizárraga (2003) menciona que en las lagunas costeras las variaciones extremas de temperatura en regiones sujetas a grandes cambios estacionales deben ser consideradas para establecer la explotación de las especies. En nuestro estudio, la temperatura del mar presentó una variación estacional con valores promedio mínimos en invierno (18.5°C) y máximos en verano

(32.5°C), lo que nos deja ver que la variabilidad de la temperatura en la columna de agua es el reflejo de la temperatura ambiental y de los cambios climáticos estacionales (Poot-Delgado (2006), además de que causa variabilidad en el crecimiento de la especie. De manera similar, Villanueva-Fonseca (2007), en su estudio realizado en el estero La Pitahaya, Guasave, Sinaloa con *C. corteziensis*, registró la temperatura más alta durante el verano (31.2 °C) y la menor en el invierno (19.2 °C). Nuestros resultados también coinciden con los reportados por Luna-González *et al.* (2008) para Bahía Macapule en el estado de Sinaloa, quienes registraron temperaturas mínimas durante invierno (18 °C) y las máximas durante el verano (31 °C). Por otro lado, Castillo-Duran *et al.* (2010) registraron temperaturas que variaron de 30.4 °C a 32 °C en verano y de 13.3 °C a 19.3 °C en invierno para el estero de las Guásimas en Sonora donde cultivaron *C. corteziensis* y *C. gigas*.

En cuanto a éste parámetro se han reportado como niveles óptimos para el cultivo de ostión temperaturas de 15-30 °C (ISA, 2006), por su parte Cáceres-Puig *et al.* (2007) en un estudio en laboratorio determinaron que el límite de tolerancia para la especie en estudio va de 16 a 32 °C. Cáceres-Puig *et al.* (2007) y Chávez-Villalba *et al.* (2005) encontraron en sus estudios que *C. corteziensis* crece más rápido y mejor en el intervalo de temperatura de 28 a 30 °C. Haciendo referencia a nuestro estudio aunque se utilizó un método diferente para evaluar el crecimiento, al utilizado por los autores antes mencionados, éste nos permitió identificar con claridad los periodos de mayor crecimiento (positivo) o cuando los organismos dejaron de crecer o su crecimiento fue menor (negativo), el mayor crecimiento en *C. corteziensis* se registró durante el periodo invierno-primavera (enero-mayo de 2010) cuando se registraron temperaturas entre los 18.5 a 27.4 °C, mientras que el menor crecimiento se registró durante el verano en los meses de agosto y septiembre. Situaciones similares a las mencionadas se han reportado por Ochoa y Fimbres (1984) quienes registraron un mayor crecimiento en *C. gigas* en los meses que se registraron temperaturas menores de 24 °C, mientras que Castillo-Duran *et al.* (2010) reportan que las altas temperaturas de verano propician estrés y el crecimiento disminuye en

los ostiones *C. corteziensis* y *C. gigas*, aunque el efecto de las altas temperatura es menos evidente en la ostra nativa que en la introducida.

Los moluscos en general, pueden adaptarse a variaciones de salinidad y existen marcadas diferencia entre géneros de acuerdo a Mazón-Suástegui *et al.* (2001). Los intervalos óptimos para el pleno desarrollo del ostión de placer oscilan entre 25 y 35 ‰, las condiciones de salinidad en el estero La Pitahaya se encontraron dentro de los límites de tolerancia de enero a abril de 2010 (30-33 ‰) y de diciembre a febrero de 2011 (25-33 ‰), pero durante los meses de mayo hasta noviembre de 2010 la salinidad se registró fuera de los intervalos recomendados para *C. corteziensis*, registrándose la máxima salinidad en el mes de septiembre con 39.5 ‰, tiempo en el cual se observó el menor crecimiento de la especie en estudio, lo cual coincide con lo reportado por Ruiz-García (2006) para esta misma especie, quien menciona que el menor crecimiento de todo el experimento se observó en las condiciones descritas. Intervalos similares de salinidad a los encontrados durante nuestro estudio fueron reportados por Luna-González *et al.* (2008) en Bahía Macapule.

El oxígeno es uno de los factores físicos más importante en las especies en cultivo y en todo organismo vivo, en el caso concreto de las ostras, la baja disponibilidad puede ocasionar la muerte, si bien, en condiciones normales el contenido de oxígeno disuelto en el agua es suficiente para asegurar la vida de ésta especie (Polanco *et al.*, 2006), la densidad de cultivo genera un intercambio limitado en el agua circundante. Por su parte Loosanoff y Davis (1950); ISA, (2006) mencionan que los límites de tolerancia del ostión y otros moluscos en cuanto al oxígeno disuelto es de 3 a 9.5 mg L⁻¹. En el presente estudio los valores de oxígeno se mantuvieron por encima de 5 mg L⁻¹ con una promedio general de 7 mg L⁻¹, estos valores son indicativos de una buena disponibilidad de oxígeno disuelto, por lo cual no se esperaban efectos negativos en la supervivencia y crecimiento de los organismos en nuestro sistema de cultivo.

El nivel óptimo de acidez o alcalinidad (pH) del agua es de 6 a 8.5 unidades y por debajo o encima de estos niveles el proceso de alimentación se detiene (Ramírez y Sevilla, 1965). Un aumento en el pH provoca una disminución de la actividad ciliar y un descenso del mismo puede ejercer un efecto pronunciado en la tasa del consumo de oxígeno por parte de las ostras (Polanco *et al.*, 2006). En el presente estudio el pH osciló entre 6.2 y 8.15 encontrándose dentro de los valores reportados por otros autores, además este parámetro no mostro una correlación con el crecimiento de *C. corteziensis* lo que nos sugiere que este factor no influyó de manera significativa en el cultivo de esta especie.

Es indudable que las variaciones en la cantidad de nutrientes y sus fuentes, juegan un papel importante en todos los ecosistemas acuáticos (Nixon, 1981), tal es el caso de las lagunas costeras, las cuales poseen abundantes fuentes de nutrientes (amoníaco, nitritos y nitratos, fosfatos, silicatos e iones de elementos traza) ya que aparte de los compuestos autóctonos, se suman los alóctonos, tanto de origen natural como antropogénicos (Postma, 1969; Nixon, 1981). En relación a los nutrientes, los valores medios de NID y PO_4 fueron similares a los reportados para regiones costeras tropicales y subtropicales sujetas a actividades humanas (Contreras, 1993). Durante el ciclo de cultivo en el estero La Pitahaya, los nutrientes analizados mostraron las siguientes tendencias: en cuanto al nitrógeno inorgánico disuelto (NID), se encontraron las más bajas concentraciones en el mes de abril ($0.69 \mu M$) y mayo ($0.79 \mu M$) que corresponden al periodo de primavera, esta situación es común para la mayoría de las lagunas costeras del litoral mexicano debido al aumento fitoplanctónico primaveral donde estos compuestos son asimilados en grandes cantidades por los productores primarios de acuerdo a lo reportado por Contreras (1993). Magaña-Álvarez (2004) y Poot-Delgado (2006) reportaron que la mayor concentración promedio de clorofila-a se da durante la primavera. Durante nuestro estudio se registró un incremento en la concentración de clorofila-a durante la primavera de 2010, cabe aclarar que aun que no fue el máximo, este incremento podría deberse a un aumento en la concentración de productores

primarios por la situación descrita anteriormente, pudiendo ser una de las razones de las bajas concentraciones de NID durante estos meses.

En cuanto al seston inorgánico (SI), durante este estudio fue más alto que el seston orgánico (SO) durante todos los muestreos y ambos siguieron un patrón similar, además, es importante resaltar que la relación seston inorgánico/seston orgánico mostro valores mayores o iguales a cuatro la mayor parte del cultivo, el conocer esta relación es muy importante ya que tiene influencia sobre los factores de alimentación de los filtroalimentadores. Al respecto Vahl (1980) menciona que la dilución del seston orgánico por el seston inorgánico puede reducir o detener la alimentación y crecimiento en los pectínidos, se estima que dejan de ingerir SO cuando el SI abarca más del 80%, o sea cuando la razón SI/SO es igual a 4.0. Por otro lado, Foster-Smith (1976) menciona que cuando se incrementa la carga de seston total, los bivalvos son capaces de controlar la cantidad de material ingerido por tres vías: reduciendo el tiempo de bombeo, reduciendo la tasa de aclaramiento e incrementando la cantidad de material expulsado como pseudoheces. Por su parte Ruiz-García (2006) menciona que *C. corteziensis* es un habitante típico de zonas estuarinas con alta concentración de seston orgánico e inorgánico y posiblemente su mecanismo de selección de alimento sea más eficiente que el de otros moluscos y se capaz de aprovechar mejor el seston orgánico, aun en altas concentraciones de seston inorgánico. Coincidiendo con lo sugerido por Chávez-Villalba *et al.* (2008) quienes consideran que la ostras de Cortez 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). En los hábitats costeros, la MOP se compone de bacterias, detritus, nanozooplancton, pero el fitoplancton es la principal fuente de nutrición para los bivalvos filtradores (Dame 1996). Otros autores mencionan que cuando no existe correlación entre el MOP y la clorofila-a, el fitoplancton es bajo y la MOP se compone de otros componentes (protozoarios, bacterias, zooplancton, detritus, etc.) (Chávez-Villalba *et al.*, 2008).

El alimento es el factor más importante en el crecimiento de los bivalvos en cultivo y en las poblaciones silvestres. El crecimiento en el medio natural, ha mostrado correlación con la abundancia de fitoplancton. Page y Hubbard (1987), encontraron que el crecimiento de la concha de *Mytilus edulis*, en una plataforma mar adentro, se correlaciona con las concentraciones de clorofila-*a*, mientras que el crecimiento en *C. gigas* en canastas a diez diferentes profundidades se correlaciona con la clorofila-*b*. Freites y Nuñez (2001) reportaron en su estudio sobre un cultivo de *Nodipecten nodosus* en el Golfo de Cariaco, Venezuela los mayores incrementos en la masa de músculo, restos de tejido y concha con los periodos de mayor disponibilidad de alimento (clorofila-*a*) de manera similar, Racotta *et al.* (2003), en *Nodipecten subnodosus*, encontraron que el incremento del índice de la glándula digestiva y el desarrollo gonadal está acompañado con la disponibilidad de alimento. Por su parte, Buitrago *et al.* (2009) encontraron valores entre 3 y 5 mg/L, los cuales de acuerdo con estos autores son considerados suficientes para satisfacer las demandas de los moluscos filtradores. Durante el ciclo de cultivo en nuestro estudio la concentración de clorofila-*a* vario de 4.05 a 15.73 mg Cl-*a* m⁻³, de acuerdo a lo antes mencionado podemos decir que la disponibilidad de alimento durante el ciclo de cultivo en el estero La Pitahaya no fue limitante para el cultivo del ostión *Crassostrea corteziensis*, además este parámetro se correlacionó significativamente con el crecimiento de la especie.

La concentración de coliformes fecales de los cuerpos de agua donde se cultiva moluscos bivalvos no debe excede de 200 organismos como número más probable en 100 ml de agua, y no más del 10% de las muestras mensuales debe exceder de 400 organismos/100 ml, tanto para la protección de la vida acuática en aguas costeras, como para el uso recreativo con contacto primario. Mientras que para los coliformes totales la mediana de una serie de muestras no debe exceder de 70 coliformes totales (CT) /100 ml, ni más del 10% de las muestras debe exceder de 230 CT/100 ml (USPHS, 1986; SSA, 1989 y Orozco-Borbon *et al.*, 1994). Durante el ciclo de cultivo en el estero La Pitahaya las concentraciones durante la mayor parte del estudio, tanto de coliformes totales y coliformes fecales, fueron menores o iguales

a 20 organismos/100 ml, como número más probable (NMP), excepto durante la primavera en los meses de abril y mayo donde las concentraciones aumentaron, este aumento pudiera estar relacionado con el periodo vacacional de semana santa en la región y por lo tanto se registró un aumento en las actividades de pesca y turismo en el sitio de cultivo. Además, durante esta época se observó un incremento en la concentración de seston orgánico e inorgánico que pudieron ser un sustrato adecuado para su crecimiento y su viabilidad. En términos generales podemos decir que el estero La Pitahaya goza de buena calidad bacteriológica ya que las concentraciones detectadas estuvieron por debajo de los límites establecidos.

Trabajos previos han mostrado que diferencias en las tasas de crecimiento de bivalvos reflejan la interacción de los factores ambientales en particular la temperatura y disponibilidad de alimento (Wallace y Reinsnes, 1985; Laing *et al.*, 1987; Rupp *et al.*, 2005). En el presente trabajo, durante los primeros meses de cultivo se registraron tasas de crecimiento mensual mayores a la media durante el ciclo de cultivo (4.96, 5.37, 5.27 mm) para la densidad de 14, 28 y 42 organismos/canasta, disminuyendo su crecimiento en el periodo de mayo a septiembre para las tres densidades con un crecimiento negativo en el mes de septiembre. Esto podría estar influenciado por las altas temperaturas registradas en verano y el efecto de un desove, como es conocido la ostra desarrolla su actividad reproductiva y presenta su mayor pico de desove durante el periodo de agosto a septiembre (Chávez-Villalba *et al.*, 2008). Ochoa y Fimbres (1984) mencionan que la disminución de la tasa instantánea de crecimiento durante el periodo mayo-septiembre en el ostión japonés *C. gigas* es muy probable que haya sido producto de la influencia de la temperatura en la zona, las cuales variaron en un intervalo de 29.5 a 31.5 °C. Durante el estudio realizado por Chávez-Villalba *et al.* (2008) registraron tasas de crecimiento diarias (altura) de 0.218 mm durante el primer año y de 0.127 mm durante todo el experimento. Las mayores tasas de crecimiento se han detectado (0.304 mm) en experimentos llevados a cabo en los canales de descarga de las granjas de camarón, con aguas hyposalinas de 25 ‰ (Contreras-Mendoza y Medina-Sánchez, 2006). Las tasa de crecimiento encontradas en nuestro estudio son ligeramente

menores a las antes mencionadas; sin embargo, *C. corteziensis* alcanzó la talla comercial entre los 60-70 mm propuesta para esta especie en ocho meses de cultivo de acuerdo a Chávez-Villalba *et al.* (2005). En general, las tasas de crecimiento de la ostra de Cortez son inferiores a los de la ostra del Pacífico (>80 mm ó > 60 g) en la talla comercial que dura de 7 a 10 meses de cultivo.

El índice de condición o cantidad relativa de carne en los bivalvos, según Cruz y Villalobos (1993), ha sido utilizado para estimar el valor del organismo para su explotación y consumo, siendo por lo general proporcional a la talla. Además, permite conocer cómo responde internamente el organismo ante las variaciones ambientales. Este índice ha sido asociado intrínsecamente a la reproducción, ciclos de utilización y almacenamiento de energía y extrínsecamente está influenciado por la disponibilidad de alimento y temperatura (Prieto *et al.*, 1999; Arrieche *et al.*, 2004). Varios autores reconocen la importancia de medir el índice de condición fisiológico para evaluar el estado nutricional de los bivalvos, su calidad comercial y para determinar diferentes contaminantes y enfermedades (Bodoy *et al.*, 1986). Boscolo *et al.* (2003) mostraron que las variaciones en el índice de condición fisiológico se originan de las interacciones complejas de muchos factores, pero que el ciclo gametogénico sigue siendo la causa principal, seguido de la disponibilidad de alimento. Por otra parte, Luna-González *et al.* (2008) observó variaciones en el índice en el ostión japonés *C. gigas* con alto valores en invierno y primavera y los valores bajo en verano y otoño. Chávez-Villalba *et al.* (2008) registraron los valores más altos del índice de condición en *C. corteziensis* en diciembre de 2003 (66.7%), abril de 2004 (69.4%), y junio de 2005 (72%). La reducción significativa del ICF se produjo en septiembre (2004 y 2005) después del pico de desove en agosto, cuando el agua de mar llegó a temperaturas máximas de 31-33 °C. En el estero La Pitahaya, el ICF de *C. corteziensis* varió durante el ciclo de cultivo registrando los valores máximos (79% en la densidad 14 y 28, y 69% en la densidad 42) durante el invierno de 2011, que son muy similares a los reportados por otros autores como altos para esta especie en particular. Los valores mínimos se presentaron durante el verano (29, 13, 23%) para la densidad 14, 28 y 42 organismos/canasta, respectivamente. Los valores más bajos

se asociaron a las altas temperaturas registradas durante este último periodo y por el efecto de un desove que coincidió con las altas temperatura en el sitio de cultivo durante el verano (31-32.5°C), aun que en este trabajo no se analizó el desarrollo gonadal, de acuerdo con las observaciones de la características macroscópicas de la gónadas realizadas en los organismos en estudio sugieren la hipótesis antes mencionada ya que en el mes anterior (agosto) los organismos muestreados mostraban gónadas maduras y al mes siguiente se observó poco tejido reproductivo. En *Chione californiensis*, García-Domínguez *et al.* (1993), encontraron una relación directa entre la fase de gametogénesis y el aumento de la temperatura.

Al evaluar la supervivencia al finalizar el cultivo de *C. corteziensis* se obtuvo una supervivencia elevada de 97.86% para la densidad de 14, de 97.04%, para la densidad de 28 y la densidad de 42 una supervivencia de 96.95. Según el estudio de Acosta *et al.* (2000), la densidad del cultivo no afecta la supervivencia de *N. nodosus* cultivado en densidades de 7, 15, 30,60, 125 y 250 organismos/canasta. No obstante si afecta el crecimiento de este organismo causando un aumento en la competencia intraespecífica por el alimento y el espacio, lo cual es un factor limitante en el cultivo de organismos filtradores. Por su parte, Villanueva-Fonseca (2007) en su estudio realizado con esta misma especie y en el mismo sitio de cultivo, encontró que la supervivencia al termino el ciclo de cultivo fue de 2.3%. En terminos de densidad, en el presente trabajo se manejaron tres densidades de siembra 14, 28 y 42 organismos/canasta, las cuales son similares a las densidades intermedias empleadas por Acosta *et al.* (2000) y Chavez-Villaba *et al.* (2008), quienes finalizaron su estudio de 25 meses con un 70 % de supervivencia. Con bases en nuestros resultados y a lo descrito anteriormente, por podemos decir que las densidad de cultivo implementadas no afectaron la supervivencia de los organismos en cultivo ya que se consideran una buena supervivencia a partir de un 70% en este factor, ademas Ruiz-García (2006) menciona que una alta supervivencia es indicio que el cultivo se llevó en buenas condiciones de manejo. En cuanto a la mortalidad Cáceres-Puig *et al.* (2007) mencionan que la menor tolerancia de *C. corteziensis* parece lejos de ser el valor más bajo de prueba aplicado durante su estudio (16 °C),

encontraste con la temperatura superior de tolerancia (32 °C) ya que la mortalidad del 100% de la semilla ocurrió dentro de las 96 horas a 34 y 36 °C. Por su parte, Lombeida-Terranova (1999) reporta mortalidades elevadas de *C. gigas* cuando las temperaturas oscilaron entre 29 y 32 °C y salinidades entre 35 y 40 ‰ la combinación de ambos factores parece haber afectado a los organismos, siendo los organismos adultos los más afectados. Lo anterior no se vió reflejado en los resultados de nuestro estudio.

XI. CONCLUSIONES

- La temperatura del agua y salinidad fueron los factores que estuvieron por encima del límite de tolerancia de *C. corteziensis* en el área de estudio.
- En la densidad de 28 y 42, los organismos crecieron mejor en altura que los organismos de la densidad de 14, mostrando diferencias significativas durante el invierno, verano y otoño del 2010, y en invierno de 2011, mientras que durante la primavera el crecimiento fue estadísticamente diferente en las tres densidades de cultivo.
- El ostión de placer *C. corteziensis* alcanzó la talla comercial (60-70 mm) en ocho meses de cultivo.
- La disponibilidad de alimento estimada por la concentración de clorofila-a fue adecuada para satisfacer la demanda alimenticia de la especie de ostión de placer *C. corteziensis* y favorecer su crecimiento durante el ciclo de cultivo.
- El menor índice de condición fisiológica en las tres densidades de cultivo en *C. corteziensis* se registró en el mes de septiembre, promovido por un desove.
- El porcentaje de supervivencia fue elevado (97 %) al término del cultivo de *C. corteziensis*.
- La calidad microbiológica del agua en el estero La Pitahaya fue adecuada durante el ciclo de cultivo, ya que las concentraciones encontradas estuvieron dentro de los criterios ecológicos de calidad del agua con relación a su uso para la protección de la vida acuática.
- Las concentraciones de nutrientes encontradas en el estero La Pitahaya son propios de ambientes eutróficos.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Abraham, T. Ghosh, T. S., Nagesh, T. y Sasmal, D. 2004.** Distribution of bacteria involved in nitrogen and sulphur cycles in shrimp culture systems of West Bengal, India. *Aquaculture* 239: 275-288.
- Acosta, V., Freitas L. y Loreidos, C. 2000.** Densidad, crecimiento y sobrevivencia de juveniles de *Lyropecten (Nodipecten) nodosus* (Pteroida: Pectinidae) en cultivo en suspensión en el Golfo de Cariaco Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 48(4): 799-806 pp.
- American, Public Health Association (APHA) 1985.** Standard Methods for the examination of water and wastewater. 16th Edition. American Public Health Association. Washington, D. C.
- American, Public Health Association (APHA), AWWA (American Water Work Association), WPCF (Water Pollution Control Federation) 1989.** Standard methods for the examination of water and wastewater. 17a. ed. 1220 p.
- Arreola-Lizárraga, J. A. 2003.** Bases de manejo costero: Patrones ecológicos en la laguna costera Las Guásimas, Territorio Yaqui, México. Ph.D. thesis, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, BCS, México, 61 pp.
- Arrieche, D., Licet, B., García, N., Lodeiros, C. y Prieto, A. 2004.** Índice de condición, gonádico y de rendimiento del mejillón marrón *Perna perna* (Bivalvia: Mytilidae), del Morro de Guarapo, Venezuela. *Interciencia*, 27(11): 613-619
- Bendschneider, K. y Robinson, R. J. 1952.** A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea-water. *J. Mar. Res.* 11: 87-96.
- Bodoy, A., Prou, J., Berthome, J.P. 1986.** Etude comparative de differents indices de condition chez l'huître creuse (*Crassostrea gigas*). *Haliotis* 15: 173–182 pp.

- Boscolo, R., Cornello, M., Giovanardi, O. 2003.** Condition index and air survival time to compare three kinds of Manila clam *Tapes philippinarum* (Adams and Reeve) farming systems. *Aquacult. Int.* 11: 243–254.
- Buitrago, E., Buitrago, J., Freitas, L. y Loreidos, C. 2009.** Identificación de los 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 La Restinga, Isla de Margarita, Venezuela. *Zootecnia Tropical.* 27(1): 79-90 pp.
- Cabrera-Rodríguez, P., Aldana-Aranda, D., Brulé, T. y Amador del Ángel, E. 2008.** Culture of the American oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin 1971) in Rio Lagartos, Yucatán, México. *Aquac. Res.* 28(8):611-619 p.
- Cáceres-Puig, J. 2005.** Efecto de la temperatura en el crecimiento y supervivencia de semilla de ostión de placer *Crassostrea corteziensis* (Hertlein, 1951) durante la preengorda en el laboratorio. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 50 p.
- Cáceres-Puig, J. I., Abasolo-Pacheco, F., Mazón-Suastegui, J. M., Maeda-Martínez, A. N. y Saucedo, P. E. 2007.** Effect of temperature on growth and survival of *Crassostrea corteziensis* spat during late-nursery culturing at the hatchery. *Aquaculture.* 272: 417–422.
- Camacho-Evans, M. A. 2008.** Primer cultivo experimental del ostión japonés *Crassostrea gigas* (thunberg, 1873) en cajas ostreófilas en la ensenada La Palmita, Navolato, Sinaloa. Tesis de Licenciatura. Universidad de Occidente, Unidad Guasave. 67 p.
- Castillo-Duran, A., Chavez-Villalba, J., Arreola-Lizarraga, A. y Barraza-Guardado, R. 2010.** Crecimiento comparativo, condición y supervivencia de juveniles de los ostiones *Crassostrea gigas* y *C. corteziensis* cultivados en verano e invierno. *Cienc. Mar.* 36: 29-39 pp.
- Castillo-Rodríguez, G. y García-Cubas, A. 1984.** Taxonomía y anatomía comparada de las ostras en las costas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. 58 p.

- Chávez-Villalba, J., López-Tapia, M., Mazón-Suástegui, J. y Robles-Mungaray, M. 2005.** Growth of the oyster *Crassostrea corteziensis* (Hertlein, 1951) in Sonora, México. *Aquaculture research*. 36:1337-1344.
- Chávez-Villalba, J., Ibarra-Hernández, A., López-Tapia, M. y Mazón-Suástegui, J. 2008.** Prospective Culture of the Cortez Oyster *Crassostrea corteziensis* from Northwestern Mexico: Growth, Gametogenic Activity, and Condition Index. *Abstract of Journal of Shellfish Research* 27(4):711-720.
- Chávez-Espinosa, F. 1993.** Ecosistemas costeros Mexicanos. Primera Edición. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. México D.F. 123 p.
- Contreras-Mendoza, C. N. y Medina-Sánchez, J. R. 2006.** Cultivo del ostión *Crassostrea corteziensis* (Hertlein, 1951) en un canal de drenaje de granja camaronera. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Ciencias del Mar. 51 p.
- Cruz, R. y Villalobos, C. 1993.** Monthly changes in tissue weight and biochemical composition of the mussel *Mytella guyanensis* (Bivalvia:Mytilidae) in Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 31: 175-179 pp.
- Dame, R. F. 1996.** Ecology of Marine Bivalves. An. Ecosystem Approach. New York, NY: CRC Press. 254 pp.
- Escobedo-Urías, D; Hernández, M. T; Herrera-Moreno, M. N. 1999.** Calidad bacteriológica del sistema lagunar de San Ignacio-Navachiste, Sinaloa. *Ciencia y Mar*. Vol. III. Num. 9.17p.
- Escobedo-Urías. et al., 2003.** Dinámica oceanográfica de la laguna de Navachiste, Sinaloa. Resúmenes del IX Congreso de la Asociación de Investigadores del Mar de Cortés y III Simposium Internacional sobre el Mar de Cortés. AIMAC-CICIMAR-UABCS. La Paz, B.C.S. 5-9 de mayo de 2003.

- FAO, 2010.** The State of World Fisheries and Aquaculture 2010 (SOFIA) Colección FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Roma: 326 P.
- Fisher, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K. E. y Niem, V. H. 1995.** Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. Pacífico Centro-Oriental. Plantas e Invertebrados (Vol. 1). Rome: FAO. 646 pp.
- FONDEPES, 2006.** Guía Técnica “Cultivo Suspendido de la Ostra del Pacífico *Crassostrea gigas*”. 27 p.
- Foster-Smith, R. L. 1976.** Some mechanisms for the control of pumping activity in bivalves. *Marine Behaviour and Physiology* 4, 41-60 pp.
- Freites, L. y Núñez, M. 2001.** Cultivo suspendido de *Lyropecten (Nodipecten) nodosus* (L, 1758) mediante los métodos de bolsa y aurículas (“Ear Hanging”). 21-29 pp.
- Frías-Espéricueta, M. G., Osuna-López, J. I. y Páez-Osuna, F. 1999.** Gonadal maturation and trace metals in the mangrove oyster *Crassostrea corteziensis*: seasonal variation. *Sci. Total Environ.* 231:115–123 p.
- Gallo, G. M., García-Ulloa, M., Godínez, D. E. y Rivera, K. 2001.** Estudio preliminar sobre el crecimiento y sobrevivencia del ostión del pacífico *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1873) en barra de navidad, Jalisco, México. *Univ. Cienc.* 17(34): 83-91 pp.
- Galtsoff, P. S. 1964.** The American oyster *Crassostrea virginica* Gmelin. U. S Fish Wildl. Serv. Fish. Bull. 64: 1–480.
- Gosling, E. 2003.** Bivalve molluscs biology-ecology and Culture. Oxford: Fishing News Books. 131-168 pp.
- Grasshoff, K. 1964.** Determination of nitrate in sea and drinking water. *Kieler Meeresforschung.* 20: 5-11 pp.
- Hernández-Sepúlveda, J. A. 2006.** Crecimiento y sobrevivencia del ostión del Pacífico *Crassostrea gigas* en el estero La Piedra, Guasave, Sinaloa,

- durante el ciclo otoño-invierno. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Los Mochis, Sinaloa. 117 p.
- Instituto Nacional de Geofísica, 1987.** Tablas de predicción de mareas, Puertos del Océano Pacífico. Datos Geofísicos Serie A, Oceanografía. Servicio mareografito Nacional, UNAM. México. 100-303 pp.
- Instituto Nacional de la Pesca, 2000.** Estado de Salud de la Acuicultura. XXI. 1-29 p.
- ISA, 2006.** Protocolo de cultivo de ostión diferentes sistemas de engorda. 61 p.
- Ignatiades, L., Karydis, M. y Vonatsou, P. 1992.** A possible method for evaluating oligotrophy and eutrophication based on nutrient concentration scale. Marine Pollution Bulletin 24: 238-243 pp.
- Jeffrey, S. W. y Humphrey, G. F. 1975.** New spectrophotometric equations for the determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. Biochem. Physiol. Plants. 167: 191-194 pp.
- Laing, I., Utting, S. D., Kilada, R. W. S. 1987.** Interactive effect of diet and temperature on the growth of juvenile clams. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 113: 23–38 pp.
- Laws, E. A. 1981.** Aquatic Pollution. Wiley, Nueva York, 482 p.
- Leyva-Miranda, G. 2005.** Cultivo experimental de ostión de placer *Crassostrea corteziensis* (Hertlein, 1951) en el laboratorio con tres dietas distintas para compensar su crecimiento en canastas en el Estero El Riíto, Huatabampo, Sonora. BS thesis, Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora, Navojoa, Mexico. 46 p.
- Lombeida-Terranova, P. 1997.** Manual para el cultivo de ostras en granjas camaroneras. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas. CENAIM-ESPOL. Ecuador. 23 p.
- Loosanoff, V. L. y Davis, H. C. 1950.** Rearing of Bivalve Mollusk. U. S. Burea of Comercial. Fisheries, Biological, Laboratory. 130 p.

- Luna-González, A., Romero-Gerardo, M. J., Campa-Cordova, A., Orduña-Rojas, J., Valles-Jiménez, R., Ruiz-Verdugo, C. A. 2008.** Seasonal variations in the immunological and physiological parameters of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* cultured in Bahía de Macapule (Sinaloa, Mexico). *Aquaculture Research*, 2008, 39, 1488-1497.
- Maeda-Martínez, A. N., Cruz, P., Correa, F. y Sicard, M. T. 2006.** Comparative thermotolerance, performance, and genetic variability of two populations of Pacific oyster *Crassostrea gigas*. In: E. Palacios, C. Lora, A.M. Ibarra, A.N. Maeda-Martínez, I. Racotta (eds). *Recent Advances in Reproduction, Nutrition, and Genetics of Mollusks. Proceedings of the International Workshop on Reproduction and Nutrition of Mollusks*, La Paz, México, 6-9 November, 2006. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., Mexico. 66 pp.
- Maeda-Martínez, A. N. 2008.** Estado actual del cultivo de bivalvos en México. In: Lovatelli A, Farías A, Uriarte I (eds.), *Taller Regional de la FAO sobre el Estado Actual del Cultivo y Manejo de Moluscos Bivalvos y su Proyección Futura: Factores que afectan su sustentabilidad en América Latina*. *Actas de Pesca de la FAO*, No. 12, Rome. 91–100 pp.
- Magaña-Álvarez, M. 2004.** Distribución de nutrientes y su efecto en el nivel trófico de la Laguna Macapule, Sinaloa. Tesis de Maestría. IPN-CIIDIR Unidad Sinaloa. 105 p.
- Mazón-Suástegui, J. M. 1996.** Cultivo de ostión japonés *Crassostrea gigas*. En: Casas-Valdez, M., Ponce-Díaz, G. (Eds.), *Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola de Baja California Sur*. FAOUABCS-CIBNOR-CICIMAR-CRIP, La Paz, B.C.S., Mexico. 625–650 pp.
- Mazón-Suastegui, J. M. 1999.** Cultivo del ostión japonés *Crassostrea gigas*. En: Casas-Valdéz, M. y Ponce-Díaz, G. (Eds.). *Estudio del potencial pesquero y acuícola del estado de Baja California Sur, México*. 625-650 pp.
- Mazón-Suástegui, J. M., Robles-Mungaray, M., Avilés-Quevedo, S., Flores-Higuera, F., Monsalvo-Spencer, P. y Osuna-García, M. 2001.** Cultivo

de ostión de placer nativo *Crassostrea corteziensis* en el área de influencia de una granja camaronera. In: SAGARPA-CONAPESCA (Eds), *Memorias Simposium Internacional de Acuacultura*, Guasave, Sinaloa, Mexico, pp. 46–54.

Mazón-Suástegui, J. M; Robles-Mungaray, S., Avilés-Quevedo, M., Flores-Higuera, F., Monsalvo-Spencer, P. y Osuna-García, M. 2002. Cultivo de ostión de placer nativo *Crassostrea corteziensis* en área de influencia de una granja camaronera. Simposium Internacional de Acuacultura. 4-7 de Diciembre de 2002. No paginado.

Morris, A. W. y Riley, J. P. 1963. The determination of Nitrate in sea water. *Anal. Chem. Acta.* 29: 272-279 pp.

Murphy, J. y Riley. J. P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphates in natural waters. *Anal. Chim. Acta.* 27: 31-36 pp.

Nixon, S. W. 1981. Freshwater inputs and estuarine productivity, En R.D. Cross and D.L. Williams (eds.). *Proceedings of the National Symposium on Freshwater in flow to Estuaries.* U.S. Fish and Wildlife Service, Office of Biological Services (FWS7OBS- 81704, Vol1.) pp. 31-57.

Ochoa-Araiza, G. y Fimbres-Peña, M. T. 1984 Evaluación de temperatura, salinidad y crecimiento del ostión japonés (*Crassostrea gigas*) en una laguna costera del estado de Sonora, México. *Ciencias Marinas* 10,7-16 pp.

Osuna-López, J. I., Frías-Espéricueta, M. G., Zazueta-Padilla, H. M. y López-López, G. 1999. Heavy metals in the drowned oyster, *Crassostrea corteziensis*, from lagoon system Ensenada del Pabellon, Sinaloa, Mexico. *Oceanides* 14:113–119 pp.

Osuna-Duarte, A. 2006. Cultivo experimental y seguimiento de la madurez gonadal por análisis histológicos del ostión de placer *Crassostrea corteziensis* (Hertlein, 1951) en la costa de Sinaloa. Tesis de Maestría. CIIDIR-IPN- Unidad Sinaloa. 116 p.

- Pález-Osuna, F., Zazueta-Padilla, H. M. y Osuna-López, J. I. 1993.** Biochemical composition of the oysters *Crassostrea iridescens* and *Crassostrea corteziensis* in the northwest coast of México: seasonal changes. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 170:1–9 pp.
- Page, H. M. y Humbbard, D. M. 1987.** Temporal and spatial patterns of growth in mussels *Mytilus edulis* on an offshore platform: relationships to water temperature and food availability. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 111: 159-179 pp.
- Palacios-Fest, M. R; Mazón-Suástegui, J. M; García-Sandoval, S; Diego-Peralta, M; Estrada-Ortega, J. C; Altamirano-Saucedo, A. A. y Pérez-Flores, J. 1988.** Manual Técnico para la Operación de los Centros Acuícolas Productores de Ostión. Ed. Secretaría de Pesca. Dir. Gral. Comunic. Social. México, D. F. 324 p.
- Pérez-Enríquez, R., Ávila, S. and Ibarra, A. M. 2008.** Population genetics of the oyster *Crassostrea corteziensis* in the Gulf of California. *Ciencias Marinas.* 34(4): 479-490 p.
- Polanco, T. E., Fernández, P. J. M., Ruesga, B. S. M. 2002.** Impulso desarrollo y potenciación de la ostricultura en España. Fundación Alfonso Martínez Escudero. 1era edición. 294 p.
- Postma, H. 1969.** Chemistry of coastal lagoons. *In* A. C. Ayala y F. B. Pheger (eds.). *Lagunas costeras. Un Simposio.* UNAM/UNESCO, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 421-430 pp.
- Poot-Delgado, C. 2006.** Estructura de la comunidad fitoplanctónica con énfasis en las especies tóxicas y/o nocivas de la laguna de Macapule, Sinaloa. Tesis de Maestría. IPN-CICIMAR, La Paz, B.C.S., México. 142 p.
- Poutiers, J. M. 1995.** Bivalvos (Acephala, lamellibranchia, pelecypoda). p: 100-297. En: Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental, volumen I. Plantas e invertebrados. Roma. 1995. 646 p.

- Racotta, I. S., Ramírez, J. L, Ibarra, A. M, Rodriguez-Jaramillo, Carreño, D. y Palacios, E. 2003.** Growth and gametogenesis en the lion-paw scallop *Nodipecten (Lyropecten) subnodosus*. Aquaculture. 217: 335-349 pp.
- Ramírez-Granados, R. y Sevilla-Hernández, M. 1965.** Las Ostras de México. Instituto Nacional de Pesca. México, D. F. 106 p.
- Riley, 1963.** Anal. Chim. Acta. 9:575 p.
- Rivero-Rodríguez, S., Beaumont, A. R. y Lora-Vilchis, M. C. 2007.** The effect of microalgal diets on growth, biochemical composition, and fatty acid profile of *Crassostrea corteziensis* (Hertlein) juveniles. Aquaculture 263:199–210.
- Ruíz-García, M. C. 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.
- Rupp, G. S, Parsons G. J, Thompson, R. J. y de Bem, M. M. 2005.** Influence of environmental factors, season and size at deployment on growth and retrieval of postlarval lion's paw scallop *Nodipecten nodosus* (Linnaeus 1758) from a subtropical environment. Aquaculture 243: 195–216.
- Sandoval-Soto, I. 2006.** Cultivo experimental del ostión japonés *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1873) en el estero La Pitahaya, laguna Macapule, Guasave, Sinaloa. Tesis de Licenciatura. Universidad de Occidente-Unidad Los Mochis, Sinaloa. 80 p.
- SENASICA, 2003.** Manual de buenas prácticas para el cultivo de moluscos bivalvos para la inocuidad alimentaria. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Mazatlán en Acuicultura y Manejo Ambiental y el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, SAGARPA. 83 p.
- SEP-SEIT, 1994.** Unidad de educación en ciencia y tecnología del mar. Acuicultura de moluscos. México. 151 p.

- Shinn, N. B. 1941.** A colorimetric method for the determination of Nitrite. *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.* 13: 33-35 pp.
- Sevilla, M. L. 1959.** Datos biológicos para el cultivo de ostión en Guaymas, Sonora.
- Sobral, P. y Widdows, J. 2000.** Effects of increasing current velocity, turbidity and particle size on the feeding activity and scope for growth of *Ruditapes decussates* from Ria Formosa, Southern Portugal. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 245: 111-125 pp.
- Solórzano, L. 1969.** Determination of ammonia in natural water by the phenol-hypochlorite method. *Limnol. Oceanogr.* 14: 799-801 pp.
- Strickland, J. D. H. y Parsons, T. R. 1972.** A Practical Handbook of Seawater Analysis. Fisheries Research Board of Canada. Ottawa. 310 p.
- Stuardo, J. y Martínez, A. 1975.** Relaciones entre algunos factores ecológicos y la biología de poblaciones de *Crassostrea corteziensis* (Hertlein, 1951) de San Blas, Nayarit, México. *An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. UNAM.* 2 (1):89-130 pp.
- Ulloa-Pérez, A. 2005.** Influencia de la disponibilidad de nutrientes sobre los cambios espacio-temporales de la comunidad de fitoplancton en el litoral del municipio de Guasave, Sinaloa. Tesis de Maestría. IPN-CIIDIR-Unidad Sinaloa. 89 p.
- Vahl, O. 1980.** Seasonal variations in seston and in the growth rate of the Iceland scallop, *Chlamys islandica* (O. F. Muller) from Bassfjord, 70°N. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 48,195-204 pp.
- Villanueva-Fonseca, B. P. 2007.** Crecimiento y sobrevivencia del ostión de Cortéz *Crassostrea corteziensis* en La Pitahaya, Guasave, Sinaloa. Tesis de Licenciatura. Universidad de Occidente, Unidad Guasave. 156 p.