

Cultivo de ostión *Crassostrea gigas*. Análisis de 40 años de actividades en México

Culture of the oyster *Crassostrea gigas*. Analysis of 40 years of activities in Mexico

Jorge Chávez-Villalba

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), Unidad Sonora,
Apartado postal 349, Guaymas, Sonora 85454, México
e-mail: jechavez04@cibnor.mx

Chávez-Villalba J. 2014. Cultivo de ostión *Crassostrea gigas*. Análisis de 40 años de actividades en México. *Hidrobiológica* 24(3): 175-190.

RESUMEN

Se presenta una revisión sobre el cultivo del ostión *Crassostrea gigas* desde que fue introducido a México hace 40 años. La introducción de esta especie se hizo en Baja California durante 1973 y a partir de ahí el cultivo de la especie se extendió a otros estados. No hay captación natural de la especie en la región; toda la semilla que se utiliza proviene de laboratorios nacionales y extranjeros. Los principales sistemas de cultivo son; sartas en balsas y estantes, cajas ostrícolas en sistema suspendido y costales sobre estantes. En 1997 se empezaron a registrar mortalidades masivas de ostión y actualmente se sabe que los eventos ocurren en marzo-abril y noviembre, afectando principalmente a ostiones menores de 50 mm. Se han confirmado dos enfermedades para *C. gigas* en México relacionadas con las mortalidades; herpesvirus y perkinsosis. Debido a las mortalidades la producción se desplomó y puso en crisis a la actividad; hasta 2010 se empiezan a ver signos de recuperación (2,858 toneladas). Los Comités de Sanidad Acuícola así como los Comités Estatales Sistema Producto Ostión en Baja California, Baja California Sur y Sonora han sido claves para la recuperación y organización de la ostricultura en la región. Actualmente se realiza investigación en genética para producir ostiones resistentes a enfermedades y se tienen resultados alentadores usando nuevas tecnologías de cultivo. No obstante, las problemáticas asociadas a la actividad son variadas y se requieren esfuerzos importantes de todos los sectores involucrados para consolidar el cultivo de la especie en la región.

Palabras clave: *Crassostrea gigas*, crecimiento, cultivo, enfermedades, mortalidad.

ABSTRACT

This study is the revision of the culture of the oyster *Crassostrea gigas* since its introduction in Mexico 40 years ago. The introduction occurred in Baja California during 1973 and then the cultures expanded to other states. There is no juvenile collection from the wild so the spat is produced in national and foreign hatcheries. Current culture systems are; hanging oysters fixed on ropes from racks, oyster trays in long-lines, and plastic mesh bags set on trestles. Mortality outbreaks have been detected since 1997 and today is known that events occur in March-April and November affecting oysters less than 50 mm long. Two diseases related to mortality outbreaks have been confirmed for *C. gigas* in Mexico; herpesvirus and perkinsosis. Production collapsed due to mortalities leading to a crisis of the activity; signs of recovery are seen until 2010 with a production of 2,858 tonnes. Aquatic animal health agencies as well as state oyster committees in Baja California, Baja California Sur, and Sonora have been key elements for the recovery and organization of oyster industry in the region. At present, studies in genetics are in course to produce disease-resistant oysters and there are promising results using new experimental culture systems. However, problems associated with the activity are diverse and require important efforts from all sectors involved to consolidate the cultivation of the species in the region.

Key words: *Crassostrea gigas*, culture, diseases, growth, mortality.

INTRODUCCIÓN

La especie *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) es conocida principalmente como ostión del Pacífico u ostión japonés. Es originaria de los mares de Japón y Corea donde habita en zonas estuarinas, desde la zona intermareal hasta profundidades de 40 metros. Se le encuentra adherida a rocas, restos de conchas u otros sustratos firmes, aunque también se le ha localizado en fondos arenosos y lodosos (FAO, 2014). Una característica notable de la especie es que a pesar de ser habitante de zonas frías y templadas, es euritérmica y eurihalina (Miossec *et al.*, 2009), lo que le permite desarrollarse y sobrevivir dentro de rangos amplios de temperatura (-2 hasta 35 °C) y salinidad (0 hasta 50 ups) (Héral & Deslous-Paoli, 1990).

Debido a su gran tolerancia a las condiciones ambientales y a un potencial de rápido crecimiento, la especie ha sido elegida para ser introducida en varias regiones del mundo, con fines ya sea de cultivo o como reemplazo de poblaciones nativas de ostión afectadas por enfermedades o sobre-explotación. Las introducciones han ocurrido desde los años 20's en las costas del Pacífico de Estados Unidos y posteriormente en otros países como Reino Unido (1965), Francia (1966), Australia (1969), etc. (Miossec *et al.*, 2009). Algunos trabajos indican que la especie se introdujo hace 30 años en África, principalmente en Sudáfrica y Túnez (Robinson *et al.*, 2005; Dridi *et al.*, 2007), y hace 20 años en Sudamérica; en las costas del Pacífico en Chile y Perú (Winter *et al.*, 1984), y en la costa Atlántica en Brasil y Argentina (Pascual & Oresanz, 1996; Oresanz *et al.*, 2002; Escapa *et al.*, 2004). También han ocurrido introducciones accidentales, por ejemplo una de las vías es a través de la actividad naviera global donde los ostiones adultos viajan adheridos al casco de los barcos (FAO, 2014). Estos eventos se han registrado en Nueva Zelanda (Dinamani, 1991), Dinamarca (Wang *et al.*, 2007), Suecia (Wrangle *et al.*, 2010), y otros países. Las consecuencias de las introducciones han sido contrastantes, en algunas regiones la especie se considera como invasora o inclusive como una peste, mientras que en otros lugares se le aprecia por su potencial económico (Miossec *et al.*, 2009).

La producción de *C. gigas* se considera una de las más importantes en el mundo ya que es la más alta de todos los moluscos y en 2003 se había expandido más que cualquier otra especie de pez, molusco o crustáceo (FAO, 2005-2014). Prácticamente toda la producción es el resultado de actividades de cultivo debido a que las pesquerías nunca han sido significativas por su pobre sostenibilidad y baja calidad del producto (Miossec *et al.*, 2009). Los valores más recientes (2011) de producción indican volúmenes cercanos a las 36,000 toneladas por captura y 638,000 toneladas por acuicultura siendo China, Corea, Japón, Francia, Estados Unidos y Taiwán los principales países productores (FAO, 2005-2014).

C. gigas es una especie de importancia en México. Es el principal bivalvo que se cultiva en el noroeste del país y nacionalmente su producción representa los más altos valores de los

moluscos cultivados. La especie cumple cuarenta años de haber sido introducida al país en 2013. Durante este tiempo las actividades relacionadas con su cultivo han venido evolucionando de diferentes maneras, en ocasiones con avances significativos, pero en ciertos momentos la actividad ha estado en riesgo de desaparecer de algunos lugares. El objetivo del presente trabajo es mostrar una visión global sobre el cultivo de la especie desde su introducción a México. En esta revisión se consideran diversos aspectos como producción de semilla, tipos de cultivo, crecimiento, reproducción, mortalidad, enfermedades y las perspectivas de la actividad.

INTRODUCCIÓN DE *CRASSOSTREA GIGAS* EN MÉXICO

La introducción de *C. gigas* en México se llevó a cabo con el fin de impulsar actividades de acuicultura en la región noroeste del país. La iniciativa surgió por parte de investigadores del Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO) de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), quienes presentaron un proyecto ante la Secretaría de Recursos Hidráulicos y el Instituto Nacional de Pesca para la introducción de la especie en Bahía San Quintín (Baja California) (Islas-Olivares, 1975). En el proyecto se contempló además, la capacitación técnica de personal de la UABC en un laboratorio de producción de semilla de esta especie localizado en Oregón (USA). La capacitación consistió en aprender las técnicas de fijación de semilla en concha madre. Para realizar la primera experiencia de cultivo, el personal involucrado transportó e importó al país un lote de semilla fijada en sartas formadas con conchas, la cuales fueron colocadas en forma suspendida de balsas de madera instaladas en el mar. De esta forma, la siembra del primer lote de semilla de ostión *C. gigas* en el país se realizó en octubre de 1973.

A partir de esta experiencia surgieron más a nivel experimental, pero en 1977 inició un proyecto a escala comercial con recursos del Programa de Inversión para el Desarrollo Rural en el Estado (PIDER), el cual se llevó a cabo utilizando semilla importada de Estados Unidos y el sistema de balsas de madera. Posteriormente, a principios de los años 80's, se constituyó la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Bahía Falsa, S.C.L., la cual es pionera en la ostricultura (Tapia-Vázquez *et al.*, 2008). Debido a los buenos resultados observados en las costas de Baja California, el entonces Departamento de Pesca realizó pruebas piloto en diversas localidades de la costa de Sonora para el cultivo de la especie (Hoyos-Chairez, 2004). La actividad se multiplicó y en todos los casos la semilla de ostión se importó de Estados Unidos, es entonces cuando se vio la necesidad de impulsar la producción de juveniles a nivel local. En 1984 el Gobierno del Estado de Sonora, a través de la Dirección General de Fomento Pesquero, construyó y puso en operación un Centro Ostrícola, hoy CREMES (Centro Reproductor de Especies Marinas) (Hoyos-Chairez, 2004).

En ese mismo año se iniciaron cultivos experimentales con organismos producidos localmente (Martínez-Córdova & Robles, 1990).

Con la posibilidad de obtener la semilla de la especie en el CREMES, la ostricultura se extendió también a Baja California Sur. En 1986 se realizaron cultivos experimentales dentro de la Bahía de La Paz (Cáceres-Martínez *et al.*, 1988). Posteriormente, se iniciaron cultivos experimentales y piloto en la región de Bahía Magdalena (Cáceres-Martínez *et al.*, 1990; Ramírez-Filippini *et al.*, 1990; Cáceres-Martínez & García-Bustamente, 1990). Aunque el cultivo de *C. gigas* se concentra principalmente en tres estados del país (Baja California, Baja California Sur y Sonora) también se han realizado experiencias en las costas de Oaxaca (Vite-García, 2002), Jalisco (Gallo-García *et al.*, 2001), y Sinaloa (Góngora-Gómez *et al.*, 2012).

PRODUCCIÓN DE SEMILLA

En el caso de *C. gigas* en México, se le llama semilla a los juveniles de ostión que han alcanzado una talla generalmente mayor a 0.5 milímetros de largo (altura de la concha). Toda la semilla proviene de laboratorios y para llegar a esta etapa de crecimiento se tienen que cubrir otras fases previas que pueden incluir algunas variantes. La secuencia que se sigue normalmente en el laboratorio es la siguiente; obtención de reproductores del medio, inducción a maduración de reproductores, inducción a desove, obtención de larvas, cultivo larvario, fijación y metamorfosis, obtención de semilla y pre-engorda de semilla (también se le conoce como post-larva). En algunos casos se pueden obtener reproductores sexualmente maduros del medio, los cuales se inducen a desove una vez que llegan al laboratorio. De esta forma se evita la inducción a la maduración de éstos con el consecuente ahorro de tiempo y de costos asociados.

En la producción de semilla de *C. gigas* están involucrados centros de investigación como el Laboratorio de Acuicultura en la Unidad Pichilingue de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, el Laboratorio de Moluscos del IIO de la UABC, el Centro de Transferencia Tecnológica (CTT) del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, SC (CIBNOR), y el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). El objetivo principal en estos centros es hacer investigaciones a nivel experimental sobre diferentes temas como; uso de sustancias (epinefrina, norepinefrina, L-Dopa) para el asentamiento y metamorfosis de larvas (McAnally-Salas *et al.*, 1989), el efecto de temperatura y alimento en el crecimiento, supervivencia y composición bioquímica de semilla (Flores-Vergara *et al.*, 2004), comparación de crecimiento de post-larva alimentada con diferentes dietas (microalga y microencapsulados) (Badillo-Salas *et al.*, 2009). También existe información sobre la evaluación del índice de condición de post-larvas en la fase de pre-engorda en el CREMES (Barraza-Guardado *et al.*, 2009).

Los primeros cultivos de la especie en México se llevaron a cabo importando semilla fijada en concha madre de Estados Unidos. Este proceso se utiliza para el cultivo en sartas o collares (conchas amarradas a cuerdas las cuales se sujetan verticalmente de balsas instaladas en el mar). No obstante, para el cultivo en otros sistemas de cultivo como las cajas ostrícolas y los costales, se requería semilla individual o suelta, por lo que también se empezó a importar en esta modalidad. La Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Bahía Falsa, S.C.L. (en Baja California), fue la primera empresa en el país en realizar fijaciones de larva en postas rústicas (estanques de concreto o fibra de vidrio con un sistema de aireación) y producir en sus instalaciones semilla de *C. gigas* en concha madre para cultivo. De esta forma se inició la erradicación de importaciones de semilla en esta modalidad, pero se inició la importación de larva fijadora. Se les llama larvas fijadoras a larvas pedivelíger oculadas (presencia de mancha ocular) a punto de buscar un sustrato para fijarse en él y llevar a cabo su metamorfosis. Posteriormente, con la creación del CREMES en Sonora, se empezó a producir semilla individual y larva fijadora a partir de reproductores locales y siguiendo las fases de producción en laboratorio.

En la actualidad, la obtención de semilla y/o larva fijadora para cultivo presenta varias alternativas, las cuales varían dependiendo de la demanda y de la disponibilidad que se tenga de ésta tanto localmente como del extranjero. Uno de los principales proveedores es el CREMES, el cual tiene una capacidad de producción anual de 50 millones de semilla (entre organismos diploides y triploides) y 300 millones de larva fijadora. No obstante, la demanda es mayor por lo que existen además de las empresas norteamericanas como Whiskey Creek Shell Fish (Oregón) y Taylor Shellfish Faros (Washington), otras a nivel nacional como Maxmar Mariscos S.A. de C.V. (Ensenada, Baja California), Sea Farmer S.A. de C.V. (Los Mochis, Sinaloa), Maricultura del Pacífico S.A. de C.V. (Bahía de Kino, Sonora), Acuicultura Robles (La Paz, Baja California Sur), Bivalvos del Pacífico (Bahía Asunción, Baja California Sur), quienes ofrecen semilla y larva fijadora de la especie. El precio de la semilla individual depende de su tamaño y las tallas promedio que más se manejan son entre 3-5 mm (\approx \$40.00-\$60.00 pesos el millar). El uso de postas de fijación se ha ido extendiendo entre los productores por lo que la venta de larva fijadora es cada vez más común.

Uno de los principales problemas con la semilla utilizada por los ostricultores en México está relacionado con su calidad. De acuerdo con los testimonios de los productores se tienen problemas de; (1) alta mortalidad, que puede llegar hasta el 100% de los lotes, habitualmente no se sabe si es por enfermedad o por otros factores como una condición fisiológica baja, (2) "enanismo", se presenta crecimiento normal durante las primeras semanas de cultivo pero después los ostiones reducen significativamente su tasa de crecimiento y algunos dejan de crecer, (3)

lento crecimiento, las tasas de crecimiento desde la siembra y durante todo el ciclo de cultivo son menores a las esperadas y la talla comercial no se alcanza en los tiempos previstos. Estos problemas se atribuyeron originalmente a que toda la semilla se importaba (principalmente de Estados Unidos) por lo que no estaba adaptada a las condiciones ambientales de la región. Con la creación de laboratorios de producción en México, donde se seleccionan ostiones cultivados en la región y se utilizan como reproductores, se ha logrado disminuir la problemática, pero sólo en parte dado que la importación de semilla del extranjero es una actividad permanente. Además, han aparecido otros problemas como las enfermedades en la semilla. Actualmente, uno de los requisitos para la venta es que cada lote debe estar acompañado de un certificado donde se garantice que está libre de patógenos. Sin embargo, se sabe que algunos productores adquieren lotes sin el certificado sanitario correspondiente.

CULTIVO

El cultivo de ostiones en la región sigue en general un proceso de cinco fases; la siembra, la pre-engorda, la engorda, el endurecimiento y la cosecha, pero puede haber variaciones de acuerdo al sistema de cultivo que se esté utilizando.

Siembra. La siembra se refiere al proceso cuando la semilla de ostión se coloca por primera vez en el mar. Una vez que los productores reciben la semilla de los laboratorios, ésta se coloca en recipientes (charolas, tinas, hieleras, etc.) donde se humedece gradualmente con agua de mar del sitio de cultivo para adaptarla a las condiciones locales. Después de esto, la semilla que viene en bolsas de malla fina (1 o 2 mm) se separa en grupos más pequeños que se colocan en las estructuras de cultivo correspondientes. Éstas se instalan en el mar para iniciar el cultivo. En el caso del sistema en concha madre no existe propiamente la siembra, dado que la fijación de las larvas ocurre en las postas que están alimentadas con agua de mar del sitio de cultivo y permanecen ahí por algún tiempo hasta que son trasladadas a otro sistema para su pre-engorda.

Pre-engorda. En esta fase los juveniles de ostión (semilla) pasan de una talla inicial de siembra de 0.5-5 mm de largo a una talla promedio ≥ 30 mm. En esta fase se requieren normalmente bolsas (sacos) de malla fina (mosquitero) (1 o 2 mm) u otras estructuras de contención para que los ostiones por su pequeña talla no se salgan a través de los orificios y aberturas de las estructuras de cultivo, y para evitar la depredación por parte de jaibas, peces, rayas, etc. Esta fase es crítica debido a que los juveniles además son más susceptibles que los adultos a las variaciones del medio ambiente y pueden ocurrir altas mortalidades. Para el cultivo en concha madre no hay estructuras de contención debido a que los ostiones están fijos en conchas, las cuales sirven como protección ante depredadores.

Engorda. Normalmente la engorda es cuando los ostiones se colocan directamente dentro de las estructuras de cultivo, ya que tienen el tamaño adecuado para esto y son más resistentes a la depredación. Los organismos permanecen en las estructuras hasta el final del cultivo; las operaciones que se realizan durante esta etapa es la reducción de la densidad (llamada también clareo, aclareo o desdoble) conforme los ostiones van creciendo, y la limpieza de los mismos animales y los contenedores. En el cultivo con concha madre la engorda consiste en separar los manojos en sartas individuales para dar a los ostiones más espacio para su desarrollo.

Endurecimiento. Después de alcanzar la talla comercial, que puede ser considerada mayor a 80 mm de largo y/o más de 60 gramos de peso, los ostiones son colocados en diversas estructuras en la zona intermareal para exponerlos al movimiento de las mareas y al aire, lo que hace que la concha se endurezca y pierda los bordes afilados. Este proceso se llama endurecimiento y permite una mejor presentación y extiende la vida en anaquel del producto. Algunos productores no utilizan esta fase y los ostiones son cosechados directamente de los sistemas de engorda, otros la utilizan por periodos de 1 a 3 meses.

Cosecha. Los animales que están listos para la venta son separados manualmente y después se limpian con cepillos o con agua a presión para quitarles todas las incrustaciones que pudieran tener. Existe una empresa (Sol Azul) que cuenta con una máquina que separa a los ostiones por tallas y los limpia de manera automatizada. En el caso del cultivo en concha madre, los ostiones de las sartas se separan unos de otros con herramientas metálicas y después se limpian. Los organismos limpios se trasladan en costales o cajas de plástico a los sitios de comercialización donde la gran mayoría se vende en la presentación fresco vivo en su concha. En el caso de las empresas que exportan, los ostiones se empaquetan en cajas especiales cumpliendo con los requisitos sanitarios exigidos tanto por las Autoridades Sanitarias Mexicanas como por la U.S. Food & Drug Administration (FDA), para garantizar que estén libres de patógenos y de contaminación.

Por otro lado, una de las problemáticas con *C. gigas* en México es el escaso desarrollo tecnológico en los sistemas de cultivo. Aunque se han utilizado una variedad de estructuras como linternas, cajas plásticas para frutas, costales cebolleros, bastidores de madera cubiertos con malla mosquitero, etc., los sistemas más utilizados se restringen principalmente a tres diferentes tipos; balsas y estantes, cajas ostrícolas y costales. Estos sistemas se han utilizado desde la introducción de la especie y no han sufrido grandes variaciones a lo largo del tiempo.

Balsas y estantes de cultivo. Las balsas de cultivo son estructuras flotantes cuya base se construye a partir de diferentes materiales (poliuretano, fibra de vidrio, madera, botes de plástico de 200 litros, etc.) y sobre la cual se instala un emparrillado o estacones de madera. Las medidas son variables pero se ubican alrededor

de 3-5 metros de ancho por 5-6 metros de largo. Las balsas se disponen en filas de hasta 10 unidades las cuales se sujetan al fondo del mar con cuerdas amarradas a anclas o lastres de concreto (Fig. 1). Las balsas se utilizan principalmente para la pre-engorda de los ostiones en sartas de cultivo. Una sarta se construye utilizando de 6 a 8 conchas de bivalvos (ostiones, almejas, etc.) previamente lavadas, las cuales se perforan y se amarran cada 10-15 cm a cuerdas de 1/8" de diámetro y 2.2 metros de largo. Después 10 sartas se atan juntas formando una unidad y luego cuatro de estas unidades se amarran formando un manojo. Los manojos se colocan en las postas de fijación durante 1 a 7 días para la fijación de las larvas (7-10 ostiones por concha), después se trasladan al mar donde se amarran a las balsas para la pre-engorda que puede durar hasta 3 meses (Tapia-Vázquez *et al.*, 2008).

Los ostiones pre-engordados en las balsas son llevados a estructuras llamadas estantes para su engorda. Los estantes o "racks" se construyen con tubería ABS (cédula 40 y 1.5" de diámetro) y estacones de madera. Para formar un estante de tubería se requieren cinco porterías de 1.2 metros de ancho por 1.5 metros de largo (Fig. 1b). Las porterías se colocan a una distancia de aproximadamente 1.2 metros unas de otras y sobre ellas se amarran cinco tramos de tubería de 6 metros de largo de manera que un estante mide 1.2 x 1.5 x 6 metros (ancho, alto y largo). Los estacones de madera se utilizan para reforzar los estantes para

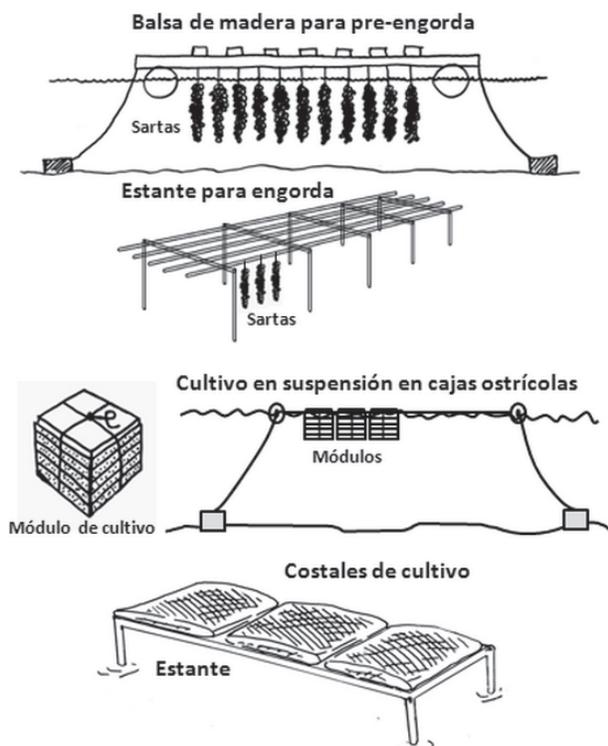


Figura 1. Principales sistemas de cultivo para *Crassostrea gigas* utilizados en México (balsa de madera y costales de cultivo modificados de FAO 2005-2013).

que soporten el peso de las sartas. Para la engorda, los manojos se sueltan de las balsas separando cada una de las sartas que los constituyen, éstas se amarran individualmente en cada travesaño del estante a una distancia de 20-30 cm de forma que en cada uno quedan 22 para un total de 110 sartas por unidad. La fase de engorda dura de 10 a 14 meses (Tapia-Vázquez *et al.*, 2008).

Cultivo en cajas ostrícolas en suspensión. Otra forma de cultivo que es muy utilizado son las cajas ostrícolas (conocidas también como canastas o charolas), éstas son de plástico con perforaciones de 8 mm de diámetro y un tamaño aproximado de 60 x 60 x 10 cm (lado por lado y alto). Están construidas de manera que tienen una ceja que permite apilarlas unas sobre otras. Para el cultivo se colocan normalmente de 4 a 5 cajas conteniendo a los organismos, sobre la caja superior se instala un cuadro de poliestireno (50 x 50 x 5 cm) que sirve como flotador (éste puede estar o no cubierto por otra caja). Las cajas junto con el flotador se amarran con una cuerda (1/4" de diámetro) y a todo el conjunto se le llama módulo de cultivo (Fig. 1c). Los módulos se amarran a estructuras tipo palangre o línea larga ("long-line"). Los palangres se construyen con cuerdas de 3/4"-1" de diámetro de 20 hasta 200 metros de largo, las cuales se amarran a lastres de concreto y/o anclas en cada uno de sus extremos para mantenerlos fijos al fondo del mar (Fig. 1). Este sistema es muy versátil, se puede instalar en sitios con profundidades medias de 1.5 metros o de hasta 30 metros, la flotabilidad del sistema puede estar dada por los mismos módulos de cultivo o se instalan flotadores extras (boyas atuneras, botes de plástico de 50-200 litros, etc.).

Para la pre-engorda se utilizan bolsas hechas con malla mosquitero (2 mm de luz de malla) que se instalan dentro de las cajas ostrícolas, dentro de las bolsas se coloca la semilla y se mantiene hasta que los juveniles alcanzan más de 20-30 mm de largo en un lapso de dos a tres meses. Para la engorda no se utilizan las bolsas de malla, los ostiones se colocan directamente dentro de las cajas y la fase puede durar de 5 a 10 meses dependiendo del sitio y las condiciones ambientales.

Costales sobre estantes. El cultivo en costales es un sistema muy utilizado en Europa para la producción de la especie. El sistema se ha adaptado a las condiciones regionales del país donde se tienen zonas intermareales con una gran amplitud de marea (>1.8 m). Los costales están hechos con malla de polietileno de alta densidad con un tamaño que oscila alrededor de 100 x 55 x 15 cm (largo, ancho y alto). Los costales se colocan sobre estructuras llamadas estantes, las cuales se construyen de varilla corrugada de 1/2" de diámetro. Los estantes se forman con tres porterías de 90 x 55 cm (ancho y alto) a las cuales se sueldan tres tramos de varilla de 3 metros de largo. Los costales se sujetan a los estantes usando ganchos de metal o plástico unidos a ligas o tiras de caucho (Fig. 1d).

Para la siembra y pre-engorda se utiliza generalmente una bolsa de malla mosquitero (2 mm) con dimensiones un poco más

reducidas a las del costal de cultivo. La semilla o los juveniles de ostión se colocan dentro de la bolsa y ésta se dispone al interior del costal de cultivo que en esta etapa tiene una luz de malla de 9 mm. La pre-engorda dura hasta que los ostiones alcancen una talla promedio mayor a 20-30 mm de largo, lo que sucede entre 2-4 meses. Para la engorda los juveniles se colocan directamente dentro de los costales de 9 mm de luz, después cuando alcanzan más de 50 mm de largo, se pasan a costales con luz de malla de 19 mm para exista mejor circulación de agua dentro de ellos. La fase de engorda puede durar de 6 a 10 meses dependiendo la zona de cultivo.

Muchos productores combinan diferentes sistemas durante el desarrollo de sus cultivos, algunos pre-engordan los juveniles en canastas y la engorda la realizan en costales, otros pre-engor-

dan y engordan en cajas ostrícolas y realizan el endurecimiento en costales. En el caso del cultivo en concha madre el endurecimiento lo hacen en cajas de plástico o costales de malla vexar®.

CRECIMIENTO

Los reportes sobre las tasas de crecimiento de *C. gigas* en las costas mexicanas muestran gran variabilidad de resultados (Tabla 1). Por ejemplo, las tasas de crecimiento en largo de la concha van desde los 0.098 a los 0.502 mm/día, mientras que las tasas en peso total presentan valores desde 0.055 hasta 0.427 g/día. La supervivencia también muestra fluctuación importante con registros desde 11% hasta el 100%. Si se considera el tipo de cultivo, los ostiones mantenidos en balsas tienen el crecimiento promedio en talla más rápido (0.373 mm/día), seguidos por las

Tabla 1. Tasas de crecimiento en longitud y peso del ostión *Crassostrea gigas* en el noroeste de México. T-tiempo en meses, S-supervivencia (%), BC-Baja California, BCS-Baja California Sur, Son-Sonora, Jal-Jalisco, Sin-Sinaloa (los valores fueron calculados de las referencias).

Sitio	Tipo de cultivo (*experimento)	T	Tasas crecimiento		S (%)	Referencia
			Longitud (mm/día)	Peso (g/día)		
Laguna Manuela, BC	Suspensión-balsas	6	0.330	n.d.	80	Islas-Olivares et al. (1982)
Bahía de los Ángeles, BC	Suspensión-balsas	7	0.416	n.d.	60	Islas-Olivares et al. (1982)
La Paz, BCS	Fondo - costales Suspensión-cajas *comparación cultivos	4	0.230-0.245	0.062-0.077	96	Cáceres-Martínez et al. (1988)
La Paz, BCS	Fondo-costales Suspensión-cajas *comparación cultivos	14	0.104-0.144	0.085-0.199	71-96	Ramírez-Filippini et al. (1990)
Bahía Magdalena, BCS	Fondo-costales Suspensión-cajas *comparación cultivos	5	0.209-0.252	0.139-0.145	80-98	Cáceres-Martínez et al. (1990)
Bahía Magdalena, BCS	Fondo-costales *comparación tres densidades Suspensión-cajas	8	0.224-0.232 0.283	0.300-0.314 0.299	88-95 65	Cáceres-Martínez y García-Bustamente (1990)
Estero La Cruz, Son	Suspensión-cajas *comparación épocas de siembra	7 6	0.229-0.324 0.322-0.361	0.062-0.138 0.094-0.122	15-50 70-85	Martínez-Córdova y Robles (1990)
Barra de Navidad, Jal	Suspensión-cajas	4	0.473	0.345	52	Gallo-García et al. (2001)
Bahía Kino, Son	Fondo-estanques camarón *policultivo con almejas y camarón	6	n.d.	0.055	11-16	Martínez-Córdova y Martínez-Porchas (2006)
Estero La Piedra, Sin	Suspensión-cajas	7	0.502	0.427	88	Góngora-Gómez et al. (2012)
Las Guásimas, Son	Suspensión-cajas *comparación verano e invierno	2	0.098-0.441	n.d.	86-100	Castillo-Durán et al. (2010)
Bahía Kino, Son	Suspensión-cajas *comparación densidades y entre laguna (L) y mar abierto (M)	12	L 0.301-0.347 M 0.189-0.242	n.d.	61-68 67-81	Chávez-Villalba et al. (2010)

cajas ostrícolas (0.290 mm/día) y después por los costales (0.221 mm/día). Estos valores son de los más altos registrados para la especie y con ellos se alcanza normalmente la talla comercial (≈ 80 mm) durante el primer año de cultivo. En otras regiones del mundo el cultivo se puede extender por más de 24 meses; algunos resultados sobre tasas de crecimiento muestran valores de 0.078 mm/día en Australia (Baghurst & Mitchell, 2002), 0.119 mm/día en Francia (Gangnery *et al.*, 2003), 0.177 mm/día en Nueva Zelanda (Handley, 2002).

Los estudios indican que el crecimiento de *C. gigas* puede estar afectado por varios factores. El principal parece ser la temperatura; el crecimiento de la especie se reduce o inclusive se detiene en verano cuando se presentan las temperaturas más elevadas, mientras que durante el invierno se registran las tasas más altas de crecimiento (Martínez-Córdova & Robles, 1990; Castillo-Durán *et al.*, 2010). Se ha encontrado que 19 °C es una temperatura óptima para el balance fisiológico de esta especie tanto para las condiciones de México como para otras regiones (Bougrier *et al.*, 1995; Sicard *et al.*, 2006). El alimento puede influir también, por ejemplo, una menor disponibilidad puede verse reflejada en disminución de crecimiento en peso (Chávez-Villalba *et al.*, 2010). Estos autores encontraron que en términos de manejo, la densidad de cultivo es importante dado que a altas densidades existe competencia por alimento reduciendo el crecimiento de los ostiones. Los organismos epibiontes encontrados sobre las conchas de *C. gigas* como poliquetos (*Polydora* sp., *Boccardia* sp.) perforadores de conchas (Gallo-García *et al.*, 2004), ascidias, briozoarios, esponjas, hidrozoarios y algas (Rodríguez & Ibarra-Obando, 2008), pueden afectar el crecimiento al competir por alimento y disminuir la capacidad de alimentación de los ostiones.

El crecimiento promedio del ostión en los sistemas de cultivo en costales y cajas ostrícolas se ha ajustado al modelo de von Bertalanffy. La ecuación obtenida para costales es:

$$L = 78.96\{1 - \exp^{[-0.0057(t-11.93)]}\}$$

Donde:

$L_{\infty} = 78.96$ mm (largo concha),

$k = 0.0057$ /año y

$t_0 = 11.93$,

y para cajas es:

$$L = 60.7\{1 - \exp^{[-0.0078(t-21.23)]}\}$$

Donde:

$L_{\infty} = 60.76$ mm (largo concha),

$k = 0.0078$ /año y

$t_0 = 21.23$ (Ramírez-Filippini *et al.*, 1990).

No se han reportado otros valores para estos u otros sistemas de cultivo posteriormente.

REPRODUCCIÓN

Uno de los aspectos que ha llamado poderosamente la atención sobre la biología reproductiva de *C. gigas* en México, es que a pesar de que la especie desarrolla gametos viables y desova, no se encuentran fijaciones de semilla en los sitios de cultivo ni en otras áreas. A la fecha, no se conoce lo que ocurre después de que los gametos son liberados al mar; se sugieren hipótesis como que las larvas pedivelíferas no encuentran las señales apropiadas para fijarse y llevar a cabo la metamorfosis por lo que mueren posteriormente. Lo anterior ocurre a pesar de que las condiciones hidrológicas, particularmente en las costas del Pacífico (Baja California), son semejantes a las condiciones donde la especie desova y se desarrolla normalmente en otras regiones del mundo. La viabilidad de los gametos se ha verificado en condiciones de laboratorio, donde ostiones cultivados en diferentes zonas de México se inducen a desove, se llevan a cabo los cultivos larvarios y se hacen las fijaciones para obtención de semilla, la cual es perfectamente apta para desarrollarse cuando es trasladada al mar. Estas características tienen dos implicaciones importantes; la primera es que la introducción de la especie, no ha tenido impacto sobre las poblaciones nativas de bivalvos y otros moluscos en relación a competencia por espacio y comida. No obstante, en la Bahía San Quintín (Baja California) se observó eutrofización marcada y una comunidad característica de zonas con contaminación orgánica por el efecto del cultivo de esta especie (Villareal, 1995). No existen más estudios sobre el impacto de los cultivos de *C. gigas* en los ecosistemas costeros del noroeste del país. El segundo aspecto es que para mantener la actividad ostrícola se depende necesariamente de semilla producida en laboratorios locales o extranjeros.

Los estudios sobre la actividad reproductiva de la especie, normalmente se han asociado a otros aspectos como: (a) identificar cuándo ocurren los desoves y conocer el efecto de éstos sobre el manejo del ostión (Paniagua-Chávez & Acosta-Ruiz, 1995), (b) conocer las diferencias en rendimiento entre ostiones diploides y triploides, cultivados en zonas contaminadas y no contaminadas (Maldonado-Amparo, 1998), y (c) vincular la maduración gonádica con los eventos de mortalidades masivas (Cáceres-Martínez *et al.*, 2004b; Chávez-Villalba *et al.*, 2007).

De acuerdo con los resultados de los trabajos anteriores, el ciclo de reproducción de la especie en Bahía San Quintín (Baja California) y el estero El Soldado (Sonora) se caracteriza por la presencia de organismos en inicio de gametogénesis de enero a junio, en fase de vitelogénesis de marzo a julio y de madurez de junio a octubre. Se identificaron desoves parciales de agosto a octubre y los organismos indiferenciados se detectaron de noviembre a diciembre (Paniagua-Chávez & Acosta-Ruiz, 1995;

Maldonado-Amparo, 1998; Cáceres-Martínez *et al.*, 2004b). Sin embargo, Chávez-Villalba *et al.* (2007) encontraron diferencias con respecto a estos trabajos en el Estero El Soldado; el inicio de la gametogénesis ocurrió más tarde en febrero y la fase de vitelogénesis se observó de marzo a abril. De abril a septiembre, se detectó actividad reproductiva importante con predominancia de ovocitos en vitelogénesis y maduros, los cuales parece que fueron reabsorbidos en las gónadas de septiembre a octubre. La fase de reposo sexual se extendió de octubre a enero. Por otra parte, *C. gigas* en México se comporta como hermafrodita protándrico, con una proporción macho:hembra de 7:3. Los organismos hermafroditas representan menos del 3% de la población y aparecen durante la fase de mayor actividad reproductiva (Paniagua-Chávez & Acosta-Ruiz, 1995). Esto último coincide con el comportamiento observado en poblaciones naturales de *C. gigas* en Francia (Lango-Reynoso *et al.*, 2006).

MORTALIDAD

Cuando se habla de mortalidad en los cultivos de *C. gigas*, se refiere a aquella que va ocurriendo desde la siembra de los ostiones en el mar hasta la cosecha de éstos. Durante este tiempo puede ocurrir mortalidad natural (depredación, enfermedades, factores abióticos extremos, etc.), así como mortalidad por manejo (exposición prolongada al aire y al sol por mantenimiento y/o limpieza, fractura de conchas por golpes, falta de comida por hacinamiento, etc.). Aunque no existe un porcentaje definido como óptimo, las tasas que no superen el 40% de mortalidad del total de la población al final de cultivo, se consideran como aceptables para el manejo de la especie. Cuando la mortalidad total al final del cultivo es entre 40-50% o se registran porcentajes altos (>30%) en un grupo (juveniles, adultos) y/o en un periodo de tiempo determinado (verano) se consideran como eventos anormales. De acuerdo con productores de la costa de Sonora, ellos registran frecuentemente tasas altas de mortalidad en verano y las asocian a las elevadas temperaturas del agua durante este periodo. Estudios indican que la temperatura en los sistemas costeros de Sonora puede alcanzar hasta 34 °C en verano (Valdez-Holguín, 1994; Chávez-Villalba *et al.*, 2010). También se dice que las mortalidades en verano ocurren cuando la semilla o los reproductores provienen del extranjero (Estados Unidos principalmente), ya que éstos no están totalmente aclimatados a las condiciones de la región.

Las mortalidades masivas son eventos anormales que se caracterizan por alcanzar tasas tan elevadas como el 100% de una población o de un grupo o grupos determinados de ésta (semilla, juveniles o adultos). Las mortalidades masivas de *C. gigas* no son un problema que ocurra sólo en México, éstas han sido reportadas desde los años 40's en Japón (Koganezawa, 1974) y después de los años 50's en varias partes del mundo (Perdue *et al.*, 1981). Por ejemplo, en la costa oeste de Estados Unidos se reportaron mortalidades al final del verano en California, Washington y Co-

lumbia Británica, cuando la temperatura del agua alcanzaba los valores más altos (Cheney *et al.*, 2000). En Francia los eventos también se registran en verano, esporádicamente durante los 80's y anualmente desde los 90's (Gouletquer *et al.*, 1998; Soletchnik *et al.*, 1999). En México, las mortalidades masivas se empezaron a registrar a partir de 1997 y desde entonces se han venido presentando anualmente con diferente grado de afectación.

En otros países se han tratado de identificar los factores relacionados con las mortalidades masivas de la especie, y aunque a la fecha los resultados no son concluyentes se pueden incluir factores como; temperaturas elevadas, estrés fisiológico asociado a la madurez gonádica (Samain *et al.*, 2005; Gagnaire *et al.*, 2006), contaminantes, patógenos (Le Roux *et al.*, 2002), cercanía con fondos fangosos (material orgánico asociado) (Soletchnik *et al.*, 1999), así como las prácticas de cultivo (Gouletquer *et al.*, 1998). Los estudios en México donde se han registrado estos eventos, muestran resultados de hasta 80% de mortalidad durante finales de invierno e inicios de primavera en el estero. El Soldado en Sonora (Chávez-Villalba *et al.*, 2005). Posteriormente en este mismo lugar (2004) se confirmaron mortalidades a finales de invierno (90%), cuando los ostiones presentaban una actividad reproductiva acelerada, valores elevados de índice de condición relacionados con incrementos significativos de temperatura y alimento (Chávez-Villalba *et al.*, 2007). En Bahía de Macapule (Sinaloa) durante 2006, se estudiaron enzimas hidrolíticas del sistema inmune de la especie, encontrando un evento de mortalidad masiva en verano (70% en julio) cuando los ostiones presentaban una baja condición y un bajo contenido de proteína linfática, sugiriendo que los ostiones no tuvieron suficiente energía para invertir en su sistema inmune (Luna-González *et al.*, 2008).

En 2005, los productores de Sonora, a través del Sistema Producto Ostión solicitaron apoyo al gobierno estatal, para que se atendiera el problema de las mortalidades masivas. El Instituto de Acuicultura del Estado de Sonora (IAES) convocó a varias instituciones académicas para estudiar la problemática y de esta manera se formó un Grupo Interinstitucional de Investigadores de Moluscos Bivalvos (GIIMB). El grupo desarrolló un proyecto de investigación durante 2006-2007 en tres zonas del estado (norte, centro y sur), donde se encuentran concentrados los grupos productores de ostión. Dado que ninguna granja tenía registros precisos de mortalidad y se hablaba arbitrariamente de porcentajes que no se verificaban, el GIIMB procedió a ponerse de acuerdo con los productores para definir el porcentaje a partir del cual se consideraría como mortalidad masiva. Se estableció que cuando las tasas superaran más del 60% de la población en cultivo, o de un grupo en particular como juveniles o adultos, se definirían como mortalidades masivas. Los resultados del proyecto se pueden puntualizar como sigue: (1) las mortalidades masivas se presentaron en dos periodos del año bien definidos: marzo-abril y noviembre, (2) los ostiones más afectados fueron los menores a

50 mm de altura, lo que corresponde principalmente a la talla presentada por juveniles, (3) se detectaron patógenos como herpesvirus y un protozooario presuntivo de *Perkinsus* sp. durante los periodos de mortalidad y en otros meses del año, (4) se registraron concentraciones máximas de cadmio en los periodos críticos, y (5) durante los periodos de mortalidad se registraron variaciones significativas en la temperatura del agua; incrementos al inicio de primavera y descensos al final del verano (SAGARPA, 2008). En otro estudio se observó que las variaciones significativas de la temperatura estaban relacionadas con la entrada de masas de agua del océano abierto y que los cambios eran más pronunciados dentro de las lagunas, es decir, donde se localizan todos los cultivos (Chávez-Villalba *et al.*, 2010).

ENFERMEDADES

El ostión japonés presenta en general gran resistencia a las enfermedades, gracias a ello la especie se encuentra distribuida en prácticamente todos los mares del mundo. Sin embargo, una

serie de enfermedades y síndromes han sido descritos para la especie en otros lugares (Tabla 2).

A pesar de que los productores de las costas de Sonora reportaban tasas de mortalidad elevadas en los cultivos durante verano, las enfermedades en *C. gigas* en México no se empezaron a estudiar sino hasta después de la aparición de mortalidades masivas. Se manejó entonces la hipótesis de que estos eventos podrían ser producidos por patógenos como bacterias, virus u otros agentes. Estudios epidemiológicos recientes señalan la relevancia de los patógenos y la transferencia de ostiones de un lugar a otro en los eventos de mortalidad masiva (Miossec *et al.*, 2009). Estudios histopatológicos realizados entre 1996-1998 de muestras de ostiones provenientes de zonas de cultivo en Bahía Falsa, B.C., mostraron células polimórficas gigantes en branquias las cuales parecían estar relacionadas a un iridovirus (virus de la necrosis branquial) (Cáceres-Martínez & Vásquez-Yeomans, 2003). Sin embargo, varios estudios posteriores descartaron la presencia de este patógeno en los ostiones de esta región (Cá-

Tabla 2. Principales enfermedades registradas para el ostión *Crassostrea gigas* en el mundo.

Nombre de la enfermedad	Agente causal	Características	Referencias
Herpesvirus	<i>Ostreid herpesvirus</i> (OsHV-1)	Distribuido ampliamente en el mundo, se asocia a muertes de larvas en laboratorio y a mortalidades masivas.	Renault <i>et al.</i> (1994)
Enfermedad viral del velo de ostiones	Iridovirus (OVVD)	Afecta las larvas y se considera el causante de la desaparición de <i>C. angulata</i> en Francia.	Héral & Deslous-Paoli (1990)
Nocardiosis	<i>Nocardia crassostreae</i>	Asociada a mortalidades de verano y otoño. Se caracteriza por la presencia de pústulas redondas amarillo-verdosas (1 cm de diámetro) en la superficie del manto, branquias, músculo aductor y corazón.	Miossec <i>et al.</i> (2009)
Vibriosis	<i>Vibrio splendidus</i>	Es la enfermedad más común asociada a intensas prácticas de cultivo. Puede producir patrones anormales de mortalidad.	Le Roux <i>et al.</i> (2007)
Enfermedad del "pie"	<i>Ostracobable implexa</i>	Hongo que crece en la parte interna de la concha en forma de protuberancia debilitando al organismo.	Miossec <i>et al.</i> (2009)
Mikrocitosis	<i>Mikrocytos mackini</i>	Protista parásito intracelular. Produce infecciones por presencia de lesiones en forma de pústulas o abscesos (5 mm diámetro) en los palpos labiales, el manto y el músculo aductor.	Bower (1988)
MSX	<i>Haplosporidium nelsoni</i>	Protista parásito responsable de mortalidades masivas en <i>C. virginica</i> . <i>C. gigas</i> aparece como hospedero y no se asocia a mortalidades de éste.	Renault <i>et al.</i> (2000)
Dermo o Perkinsosis	<i>Perkinsus marinus</i>	El parásito puede estar presente en <i>C. gigas</i> sin desarrollar infecciones letales.	Burreson <i>et al.</i> (1994)
Enfermedad de los huevos	<i>Marteiloides chungmuensis</i>	Protista parásito que se encuentra en el sistema reproductivo causando destrucción de ovocitos maduros y fallas en los desoves.	Ngo <i>et al.</i> (2003)

ceres-Martínez *et al.*, 2004a). Otros trabajos se enfocaron al estudio de bacterias en muestras obtenidas después de un evento de mortalidad masiva (Bahía San Quintín, B.C.), encontrándose bacterias del género *Aeromonas*, las cuales, sin embargo, no son patógenas para moluscos (Vásquez-Yeomans *et al.* 2004a). Posteriormente en 2000, por medio de imágenes obtenidas a través de microscopía electrónica de transmisión, se identificó un virus de la familia Herpesviridae en muestras de ostión, después de un evento de mortalidad en Bahía Falsa, B.C. (Vásquez-Yeomans *et al.*, 2004b). El resultado se confirmó un poco después empleando la técnica de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) y utilizando un control positivo proporcionado por el IFREMER (Vásquez-Yeomans & Cáceres-Martínez, 2004). De esas mismas muestras y usando hibridación *in situ*, se encontró la presencia de ADN de *Ostreid herpesvirus* (OshV-1) en células de las branquias de *C. gigas* (Vásquez-Yeomans *et al.*, 2010).

Los estudios anteriores se realizaron primordialmente en Baja California, pero los resultados del estudio del GIIMB en Sonora, mostraron la presencia de herpesvirus en tres zonas del estado y asociados a eventos de mortalidad masiva (SAGARPA, 2008). Sin embargo, en ese mismo informe se presentaron resultados de análisis histopatológicos que daban indicios de la presencia de otro patógeno, un protozooario presuntivo de *Perkinsus* sp. Las muestras obtenidas durante los eventos de mortalidad se analizaron usando la técnica de PCR, confirmando la identidad del protozooario como (Mackin, Owen & Collier Levine 1978 (Enriquez-Espinoza *et al.*, 2010). Este protozooario se ha localizado también en muestras del ostión nativo *Crassostrea corteziensis* (Hertlein 1951) en zonas de cultivo en Nayarit (Cáceres-Martínez *et al.*, 2008). Estos resultados fueron inesperados dado que *P. marinus* estaba reportado sólo para las costas del Atlántico, donde es causante de altas mortalidades en poblaciones de Gmelin, 1791 desde el Golfo de México hasta la Bahía Delaware en Estados Unidos (Kennedy *et al.*, 1995). La presencia de este patógeno dentro de las costas del noroeste de México podría deberse a que existen registros de introducción de ostiones *C. virginica* a esta región provenientes de la costa este de Estados Unidos y del Golfo de México. Al parecer las introducciones se realizaron a instalaciones de grupos productores, para hacer pruebas de crecimiento en el Estero de Punta Banda en B.C. y en Bahía San Jorge en Sonora (Cáceres-Martínez *et al.*, 2008). También se piensa que otra vía de infección pudo ser la importación de semilla.

De esta forma se tienen confirmadas las enfermedades herpesvirus y perkinsosis ("Dermo") para *C. gigas* en México, aunque no se descartan otras como Marteiliosis (*Marteilia refringens*). Esta enfermedad es producida por un parásito protozooario que afecta el ciclo de reproducción, perturbando el desarrollo normal de la gametogénesis (Lwin-Tuna *et al.*, 2007). Sin embargo, debido a su forma de vida en aguas abiertas y a las limitaciones de su sistema inmune, no existen medidas curativas para las en-

fermedades de esta especie (Miossec *et al.*, 2009). La prevención y la adopción de buenas prácticas de manejo son las mejores opciones para limitar los impactos de las enfermedades en este ostión.

PRODUCCIÓN

La producción de *C. gigas* en México se concentra principalmente en la costa del Pacífico de los estados de Baja California y Baja California Sur y dentro del Golfo de California en las costas de Sonora (Fig. 2). Además, el cultivo de la especie se ha venido desarrollando de manera importante en Sinaloa (Zarain-Herzberg & Villalobos-Fernández, 2012), y se tienen registros de actividades en Jalisco, Guerrero y Nayarit. El número de grupos productores (Unidades de Producción Acuícola) que se dedican al cultivo presenta variaciones año con año, debido a que muchos de ellos dejan parcialmente la actividad, por falta de recursos para la compra de semilla o porque se dedican a la pesca u otras actividades (Tabla 3). Aunque algunos grupos ya no retoman la actividad, varios de ellos regresan al cultivo después de una o varias temporadas.

Los registros de los volúmenes de producción de la especie han variado considerablemente a lo largo del tiempo. En algunos casos los reportes no coinciden, por ejemplo para Sonora se tiene registrado un máximo histórico de 3,332 toneladas para 1991 (Hoyos-Chairez, 2004), y según Cáceres-Martínez (1999) la producción total para 1997 fue de 2,546 toneladas. No obstante, de acuerdo con Maeda-Martínez (2008), la producción para 1991 fue de 2,350 toneladas (producción total) y para 1997 de 2,850 toneladas (máximo histórico). Lo que es un hecho es que la producción total tuvo una caída significativa a partir de 1997, cuando se empezaron a registrar las mortalidades masivas de ostión en toda la región. La mayoría de los productores se vieron perjudicados pero uno de los estados más afectados fue Sonora cuya producción fue casi nula de 1999 a 2002 debido a esta problemática. Esto tuvo como consecuencia que la actividad entrara en crisis y que los cultivos estuvieran en riesgo de desaparecer en el estado. Los registros oficiales de producción (SAGARPA, 2013) están disponibles de 2006 a la fecha y de acuerdo con ellos, la producción no se ha recuperado totalmente después del desplome. A pesar de que en 2008 se registraron solamente 10 toneladas de producción, en 2010 existió una recuperación importante y se llegó a un volumen de 2,858 toneladas, siendo Baja California el principal productor con 1,594 toneladas (Tabla 4).

ORGANIZACIÓN

Otro de los factores que ha afectado negativamente la ostricultura en la región, ha sido la falta de organización de la actividad. La mayoría de los productores iniciaron actividades en zonas que no contaban con las concesiones ni federales ni marítimo-terrestres, no seguían protocolos de producción ni reglas sanitarias,



Figura 2. Cuerpos de agua donde se cultiva ostión *Crassostrea gigas* en el noroeste de México y número de productores (Unidades de Producción Acuícola) en cada uno de ellos. Se presentan los principales sistemas de cultivo utilizados en cada sitio de producción.

tampoco existían reglas de mercado claras y cada uno vendía su producto a diferente precio. Esta situación se mantuvo sin avances importantes hasta la conformación de los Comités de Sanidad Acuícola en Sonora (2002), en Baja California Sur (2004) y en Baja California (2006) y la creación de los Comités Estatales del

Sistema Producto Ostión (CESPO) en cada uno de estos estados (BC en 2005, Sonora en 2006, y BCS en 2007). En el caso de los moluscos bivalvos, los comités empezaron a implementar y dar seguimiento a campañas sanitarias en materia de acuicultura, así como a fomentar la aplicación de buenas prácticas de manejo en

Tabla 3. Unidades de Producción Acuícola de ostión *Crassostrea gigas* registradas en México de acuerdo con información de los Comités de Sanidad Acuícola de Baja California Sur (2011), Baja California y Sonora (2012). Datos para Sinaloa de acuerdo con Zairain-Herzberg y Villalobos-Fernández (2012).

Estado	Unidades de Producción Acuícola	Cuerpos de agua
Baja California	25	4
Baja California Sur	11	8
Sonora	32	14
Sinaloa	34	n.d.

n.d.-no determinado.

los cultivos acuícolas. Entre sus objetivos destacan (1) supervisión de buenas prácticas sanitarias, (2) seguimiento técnico de los cultivos, (3) muestreo continuo de organismos en las unidades de producción (Herpesvirus, enfermedades certificables-OIE, biotoxinas marinas, *Vibrio parahaemolyticus*, etc.), (4) muestreo de contaminantes marinos, y (5) impulso al trámite de concesiones.

Los CESPO han tenido también un papel importante en la organización de la actividad, ya que se han dado a la tarea de incorporar a todos los actores de la cadena productiva, implementando mecanismos de planeación, comunicación y concertación permanente entre ellos. Entre las acciones más importantes están el abastecimiento de equipo técnico, insumos y servicios de la producción primaria, acopio, transformación, distribución y comercialización. A través de los CESPO los productores han podido canalizar sus problemáticas hacia el sector académico, para que éste implemente acciones para su estudio y posible solución. Uno ejemplo de esto fue el proyecto para el estudio de mortalidades que realizó el GIIMB en Sonora (ver sección de mortalidad).

PERSPECTIVAS

En términos de investigación, actualmente existen proyectos que están atendiendo algunas de las problemáticas derivadas de

la actividad ostrícola. Uno de los aspectos en los que se tienen avances importantes, es en la diversificación de tecnologías de cultivo. Investigadores de la UNISON desarrollaron un proyecto, donde probaron experimentalmente el sistema Australiano cable ajustable y cestas para cultivo de ostiones (Fig. 3). Los experimentos se llevaron a cabo en coordinación con productores de diferentes sitios en Sonora y los primeros resultados son alentadores en cuanto a crecimiento y supervivencia (Castro-Longoria *et al.*, 2013). Debido a que este proyecto es de reciente terminación, sólo los productores involucrados en él son los que cuentan con el nuevo sistema. Sin embargo, uno de los inconvenientes es que el cable y las sestras tienen costos elevados, lo que hace suponer dificultades para su implementación generalizada entre los productores.

Existen otros proyectos de investigación que se están desarrollando o que van a iniciar próximamente. Por ejemplo, en 2012 inició un proyecto a tres años liderado por el CIBNOR llamado "Reconversión productiva y transferencia de tecnologías para las comunidades ribereñas del noroeste de México: cultivo de ostión mejorado" (Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación-CONACyT) donde se contempla estudiar varios aspectos como producir semilla diploide y triploide de ostión genéticamente mejorada para

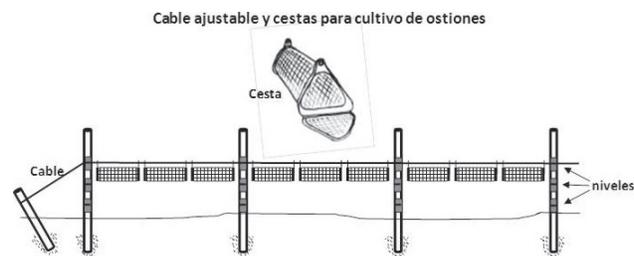


Figura 3. Sistema de cultivo en cable ajustable y cestas para ostiones. Se está utilizando experimentalmente en diferentes zonas de Sonora, México.

Tabla 4. Producción en toneladas de ostión *Crassostrea gigas* en el noroeste de México (SAGARPA, 2013).

Estado/año	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Baja California	1.6	150	0	137	1594	1031	1324
Baja California Sur	322	104	10	105	588	356	576
Sonora	82	95	0	34	647	106	116
Sinaloa	0	0	0	7	29	21	108
Jalisco	4	0	0	1	0.5	4	1
Guerrero							2.2
Nayarit	0	0	0	0.2	0	0	0
Total	409.6	349	10	284.2	2858.5	1518	2127.2

su evaluación en campo; en particular se evaluarán 100 familias de ostiones en experimentos con virus y termotolerancia, con el objetivo de producir ostiones triploides resistentes a Herpesvirus y altas temperaturas. Es importante indicar que el CIBNOR tiene años trabajando y avances importantes en la producción de familias genéticamente modificadas de ostión y otros bivalvos. Otros aspectos que se abordarán en el proyecto es con relación a la sanidad e inocuidad, en particular con la intercalibración y homologación de los laboratorios que están involucrados en la detección de patógenos en moluscos. Esto con el fin de que todos ellos usen las mismas técnicas y estándares. Otro proyecto que iniciará próximamente es uno que realizarán el CIBNOR y la UNISON (Fundación Produce Sonora A.C.), sobre el estudio de la calidad de la semilla producida por las diferentes empresas que existen en la región. Esto respondiendo a una demanda de los productores de Sonora, quienes observan grandes diferencias de crecimiento, rendimiento y supervivencia entre los lotes de semilla que adquieren para iniciar los cultivos.

Aunque los esfuerzos de los Comités y de los CESPO han sido notables para ordenar y fortalecer el cultivo de la especie, las problemáticas asociadas a la actividad son variadas y requieren atención, en particular: (1) la regularización de las unidades de producción en cuanto a la obtención de las concesiones, (2) la escasez de disponibilidad de semilla, (3) la falta de tecnificación en las unidades de producción, (4) la ausencia de una producción estable, (5) en algunas regiones, la carencia de los permisos para exportación y falta de vías de comercialización del producto, etc. Todo esto hace ver que se tiene que seguir trabajando en varios aspectos y que se requieren esfuerzos importantes por parte de todos los sectores (productores, comités, sistemas, académicos, gobierno, etc.) para lograr consolidar el cultivo de la especie en el país.

AGRADECIMIENTOS

Al Comité de Sanidad Acuícola del Estado de Sonora, y a los productores S.C.P.P. Progreso y Verde Mar Acuícola, S. de P.R. de R.L. de Baja California Sur por la información proporcionada sobre sus cultivos de ostión.

REFERENCIAS

- BADILLO-SALAS, C. E., E. VALENZUELA-ESPINOZA, M. A. GONZÁLEZ-GÓMEZ, G. PARES-SIERRA, F. LEY-LOU & Z. GARCÍA-ESQUIVEL. 2009. Comparative growth of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) postlarvae with microfeed and microalgal diets. *Aquaculture International* 17: 173-186.
- BAGHURST, B. C. & J. G. MITCHELL. 2002. Sex-specific growth and condition of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas* Thunberg). *Aquaculture Research* 33: 1253-1263.
- BARRAZA-GUARDADO, R. H., J. CHÁVEZ-VILLALBA, H. ATILANO-SILVA & F. HOYOS-CHAIREZ. 2009. Seasonal variation of the condition index of Pacific oyster postlarvae (*Crassostrea gigas*) in a land-based nursery in Sonora, Mexico. *Aquaculture Research* 40: 118-128.
- BOUGRIER, S., P. GEAIRON, J. M. DESLOUS-PAOLI, C. BACHER & G. JONQUIÈRES. 1995. Allometric relationships and effects of temperature on clearance and oxygen consumption of *Crassostrea gigas* (Thunberg). *Aquaculture* 134: 143-154.
- BOWER, S. M. 1988. Circumvention of mortalities caused by Denman Island oyster disease during mariculture of Pacific oysters. *American Fisheries Society* (Special Publication) 18: 246-248.
- BURRESON, E. M., R. MANN & S. K. ALLEN. 1994. Field exposure of triploid *Crassostrea gigas* to *Haplosporidium nelsoni* (MSX) and *Perkinsus marinus* (Dermo) in the lower Chesapeake Bay. *Journal of Shellfish Research* 13: 293.
- CÁCERES-MARTÍNEZ, C., D. RAMÍREZ-FILIPPINI, J. CHÁVEZ-VILLALBA & O. PEÑALOZA-AYALA. 1988. Diseño y manejo de costales y estantes para el cultivo de moluscos (ostiones). *Acuavisión* 3: 8-10.
- CÁCERES-MARTÍNEZ, C., D. RAMÍREZ-FILIPPINI & J. CHÁVEZ-VILLALBA. 1990. Cultivo de ostión *Crassostrea gigas* en costales sobre estantes en la zona de entremareas. In: De la Lanza-Espino, G. & J. L. Arredondo-Figueroa (Eds.). *La Acuicultura en México: de los Conceptos a la Producción*. UNAM-Instituto de Biología. México, pp. 139-151.
- CÁCERES-MARTÍNEZ, C. & S. GARCÍA-BUSTAMANTE. 1990. Cultivo piloto de ostión *Crassostrea gigas* en costales sobre estantes en la zona intermareal en la Bahía Magdalena, B. C. S., influencia de la densidad sobre el crecimiento. In: De la Lanza-Espino, G. & J. L. Arredondo-Figueroa (Eds.). *La Acuicultura en México: de los Conceptos a la Producción*. UNAM-Instituto de Biología. México, pp. 162-169.
- CÁCERES-MARTÍNEZ, C. 1999. Estado actual del cultivo de moluscos en México. *Revista CIENCIA ergo sum* 6: 154-158.
- CÁCERES-MARTÍNEZ, J. & R. VÁSQUEZ-YEOMANS. 2003. Presence of giant polymorphic cells in *Crassostrea gigas* cultured in Bahía Falsa, Baja California, NW Mexico. *Journal of Shellfish Research* 22: 711-714.
- CÁCERES-MARTÍNEZ, J., R. VÁSQUEZ-YEOMANS & A. GARCÍA-ORTEGA. 2004a. Episodios de mortalidad del ostión japonés *Crassostrea gigas* en Baja California y su relación con bacterias. *Boletín del Programa Nacional de Sanidad Acuícola y la Red de Diagnóstico (UAM-SAGARPA, Año 7) 2* (26): 1-3.
- CÁCERES MARTÍNEZ, J., S. CURIEL-GUTIÉRREZ, R. VÁSQUEZ-YEOMANS & P. MACÍAS-MONTES DE OCA. 2004b. Reproductive cycle and mortality of Japanese oyster *Crassostrea gigas* cultured in Bahía Falsa, Baja California, Mexico. *Journal of Shellfish Research* 23 (3): 795-802.
- CÁCERES-MARTÍNEZ, J., R. VÁSQUEZ-YEOMANS, G. PADILLA-LARDIZÁBAL & M. A. DEL RÍO PORTILLA. 2008. *Perkinsus marinus* in pleasure oyster *Crassostrea corteziensis* from Nayarit, Pacific coast of México. *Journal of Invertebrate Pathology* 99: 66-73.
- CASTILLO-DURÁN, A., J. CHÁVEZ-VILLALBA, A. ARREOLA-LIZÁRRAGA & R. BARRAZA-GUARDADO. 2010. Comparative growth, condition, and survival of

- juvenile oysters *Crassostrea gigas* and *C. corteziensis* cultivated in summer and winter. *Ciencias Marinas* 36 (1): 29-39.
- CASTRO-LONGORIA, R., J. M. GRIJALVA-CHON, T. REEHN, M. R. ACEDO-VALDEZ, E. ESTRADA-RAMÍREZ & E. COSTICH-GONZÁLEZ. 2013. Primeras experiencias del sistema Australiano de línea ajustable, BST, para cultivo de ostión. In: Abstracts XIII Congreso de la Asociación de Investigadores del Mar de Cortés (8-12 abril 2013). Ensenada.
- CHÁVEZ-VILLALBA, J., M. R. LÓPEZ-TAPIA, J. M. MAZÓN-SUÁSTEGUI & M. ROBLES-MUNGARAY. 2005. Growth of the oyster *Crassostrea corteziensis* (Herzstein, 1951) in Sonora, Mexico. *Aquaculture Research* 36: 1337-1344.
- CHÁVEZ-VILLALBA, J., F. VILLELAS-ÁVILA & C. CÁCERES-MARTÍNEZ. 2007. Reproduction, condition and mortality of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg) along coastal Sonora, Mexico. *Aquaculture Research* 38: 268-278.
- CHÁVEZ-VILLALBA, J., A. ARREOLA-LIZÁRRAGA, S. BURROLA-SÁNCHEZ & F. HOYOS-CHAIRES. 2010. Growth, condition, and survival of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* cultivated within and outside a subtropical lagoon. *Aquaculture* 300: 128-136.
- CHENEY, D. F., B. F. MACDONALD & R. A. ELSTON. 2000. Summer mortality of Pacific oysters, *Crassostrea gigas* (Thunberg): initial findings of multiple environmental stressors in Puget Sound, Washington, 1998. *Journal of Shellfish Research* 19: 353-359.
- DINAMANI, P. 1991. Introduced Pacific oysters in New Zealand. In: Leffler M. & J. Greer (Eds.). *The Ecology of Crassostrea gigas in Australia, New Zealand, France and Washington State*. University of Maryland (Sea Grant Publication UM-SG-TS-92.07). Maryland (USA), pp. 9-12.
- DRIDI, S., M. S. ROMDHANE & M. ELCAFSI. 2007. Seasonal variation in weight and biochemical composition of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* in relation to the gametogenic cycle and environmental conditions of the Bizert lagoon, Tunisia. *Aquaculture* 263: 238-248.
- ENRÍQUEZ-ESPINOZA, T. L., J. M. GRIJALVA-CHON, R. CASTRO-LONGORIA & J. RAMOS-PAREDES. 2010. *Perkinsus marinus* in *Crassostrea gigas* in the Gulf of California. *Diseases of Aquatic Organisms* 89: 269-273.
- ESCAPA, M., J. P. ISACCH, P. DALEO, J. ALBERTI, O. IRIBARNE, M. BORGES, E. P. DOS SANTOS, D. A. GAGLIARDINI & M. LASTA. 2004. The distribution and ecological effects of the introduced Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) in northern Patagonia. *Journal of Shellfish Research* 23: 765-772.
- FAO. 2005-2014. Cultured Aquatic Species Information Programme *Crassostrea gigas*. Programa de información de especies acuáticas. Texto de Helm, M. M. In: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO [en línea]. Roma. Actualizado 13 April 2005. [Citado 24 February 2014]. http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Crassostrea_gigas/es#tcNA00EA
- FLORES-VERGARA, C., B. CORDERO-ESQUIVEL, A. CERÓN-ORTIZ & B. ARREDONDO-VEGA. 2004. Combined effects of temperature and diet on growth and biochemical composition of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg) spat. *Aquaculture Research* 35: 1131-1140.
- GAGNAIRE, B., P. SOLETCHEK, P. MADEC, P. GEAIRON, O. LE MOINE & T. RENAULT. 2006. Diploid and triploid Pacific oysters, *Crassostrea gigas* (Thunberg), reared at two heights above sediment in Marennes-Oleron Basin, France: difference in mortality, sexual maturation and hemocyte parameters. *Aquaculture* 254: 606-616.
- GANGNERY, A., J. M. CHABIRAND, F. LAGARDE, P. LE GALL, J. OHEIX, C. BACHAR & D. BUESTEL. 2003. Growth model of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* cultured in Thau Lagoon (Méditerranée France). *Aquaculture* 215: 267-290.
- GALLO-GARCÍA, M. C., M. GARCÍA-ULLOA-GÓMEZ, D. E. GODÍNEZ-SIORDA & K. RIVERA-GÓMEZ. 2001. Estudio preliminar sobre el crecimiento y sobrevivencia del ostión del Pacífico *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1873) en Barra de Navidad, Jalisco, México. *Universidad y Ciencia* 34: 83-91.
- GALLO-GARCÍA, M. C., M. GARCÍA-ULLOA-GÓMEZ & D. E. GODÍNEZ-SIORDA. 2004. Evaluation of two treatments in polychaete worm intensity associated with *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1873) oyster valves. *Ciencias Marinas* 30: 455-464.
- GÓNGORA-GÓMEZ, A. M., M. GARCÍA-ULLOA-GÓMEZ, A. L. DOMÍNGUEZ-OROZCO & J. A. HERNÁNDEZ-SEPÚLVEDA. 2012. Crecimiento del ostión *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1795) cultivado en el estero La Piedra, Sinaloa, México. *Avances Investigación Agropecuaria* 16: 91-104.
- GOULLETQUER, P., P. SOLETCHEK, O. LE MOINE, D. RAZET, P. GEAIRON, N. FAURY & S. TAILLADE. 1998. Summer mortality of the Pacific cupped oyster *Crassostrea gigas* in the Bay of Marennes-Oleron (France). Mariculture Committee CM 1998/CC. Cork (Ireland), pp. 1-20.
- HANDLEY, S. J. 2002. Optimizing intertidal Pacific oyster (Thunberg) culture, Houhora Harbour, northern New Zealand. *Aquaculture Research* 33: 1019-1030.
- HÉRAL, M. & J. M. DESLOUS-PAOLI. 1990. Oyster culture in European countries. In: Menzel, W. (Ed.). *Estuarine and Marine Bivalve Mollusc Culture*. CRC Press, pp. 153-190.
- HOYOS-CHAIRES, F. J. 2004. Ostricultura sonorensis; antecedente, presente y perspectiva de desarrollo sustentable. In: Zárate-Valdez J. L. (Ed.). *Foro Intercambio de Experiencias en Agricultura y Desarrollo Rural Sustentables*. Hermosillo, pp. 2-11.
- ISLAS-OLIVARES, R. 1975. El ostión japonés (*Crassostrea gigas*) en Baja California. *Ciencias Marinas* 2: 58-59.
- ISLAS-OLIVARES, R., V. GUARDADO & A. M. PÉREZ. 1982. Crecimiento y sobrevivencia del ostión japonés (*Crassostrea gigas*) en la Laguna Manuela, B. C., México. *Ciencias Marinas* 8: 47-54.
- ISLAS-OLIVARES, R. 1982. Análisis económico en el cultivo del ostión japonés (*Crassostrea gigas*) en Puerto Don Juan, Bahía de Los Ángeles, B. C. *Ciencias Marinas* 8: 55-68.
- KENNEDY, V. S., R. I. E. NEWELL, G. E. KRANTZ & S. OTTO. 1995. Reproductive capacity of the eastern oyster *Crassostrea virginica* infected with the parasite *Perkinsus marinus*. *Diseases of Aquatic Organisms* 23: 135-144.

- KOGANEZAWA, A. 1974. Present status of studies on the mass mortality of cultured oysters in Japan and its prevention. In: *Proceedings of the third U.S.-Japan meeting on aquaculture*. Tokyo, pp. 29-34.
- LANGO-REYNOSO, F., J. CHÁVEZ-VILLABA & M. LE PENNEC. 2006. Reproductive patterns of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* in France. *Invertebrate Reproduction and Development* 49 (1-2): 41-50.
- LE ROUX, F., M. GAY, C. LAMBERT, M. WAECHTER, S. POUBALANE, B. CHOLLET, J.L. NICOLAS & F. BERTHE. 2002. Comparative analysis of *Vibrio splendidus* related strains isolated during *Crassostrea gigas* mortality events. *Aquatic Living Resources* 15: 251-258.
- LE ROUX, F., J. BINESSE, D. SAULNIER & D. MAZEL. 2007. Construction of a *Vibrio splendidus* mutant lacking the metalloprotease gene *vsm* by use of a novel counterselectable suicide vector. *Applied and Environmental Microbiology* 73: 777-784.
- LUNA-GONZÁLEZ, A., M. J. ROMERO-GERALDO, A. CAMPA-CÓRDOVA, J. ORDUÑA-ROJAS, R. VALLES-JIMÉNEZ & C. RUIZ-VERDUGO. 2008. Seasonal variations in the immunological and physiological parameters of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* cultured in Bahía de Macapule (Sinaloa, Mexico). *Aquaculture Research* 39: 1488-1497.
- LWIN-TUNA, K., N. ITOH, N. UEKI, T. YOSHINAGA & T. OGAWA. 2007. Relationship between *Marteiloides chungmuensis* infection and reproduction in the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. *Journal of Invertebrate Pathology* 96: 205-212.
- MAEDA-MARTÍNEZ, A. N. 2008. Estado actual del cultivo de bivalvos en México. In: Lovatelli, A., A. Farías & I. Uriarte (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. Roma, FAO. pp. 91-100.
- MALDONADO-AMPARO, R. 1998. *Crecimiento y supervivencia del ostión triploide del Pacífico Crassostrea gigas en la fase de engorda, desarrollado bajo condiciones tropicales y contaminadas*. Instituto Tecnológico del Mar. Tesis de Maestría en Ciencias. ITG, Guaymas. 55 p.
- MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L. R. & M. ROBLES. 1990. Introducción de ostión japonés *Crassostrea gigas* (Thunberg 1795) en el estero La Cruz, Sonora, México. *Ciencia Pesquera* 7: 157-165.
- MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L. R. & M. MARTÍNEZ-PORCHAS. 2006. Polyculture of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, giant oyster, *Crassostrea gigas* and black clam, *Chione fluctifraga* in ponds in Sonora, Mexico. *Aquaculture* 258: 321-326.
- MCANALLY-SALAS, L., H. CAVAZOS-LITERAS & A. SALAS-GARZA. 1989. Effect of epinephrine, norepinephrine and L-dopa on the settlement and metamorphosis of larvae of *Crassostrea gigas*. *Ciencias Marinas* 15: 85-103.
- MIOSSEC, L., R. M. LE DEUFF & P. GOULLETQUER. 2009. *Alien species alert: Crassostrea gigas (Pacific oyster)*. ICES Cooperative Research Report No. 299. Copenhagen. 42 p.
- NGO, T. T. T., F. BERTHE & K. S. CHOI. 2003. Prevalence and infection intensity of the ovarian parasite *Marteiloides chungmuensis* during an annual reproductive cycle of the oyster *Crassostrea gigas*. *Diseases of Aquatic Organisms* 56: 259-267.
- ORENSANZ, J. M., E. SCHWINDT, G. PASTORINO, A. BORTOLUS, G. CASAS, G. DARRIGRAN, R. ELIAS, J. J. LÓPEZ-GAPPA, S. OBENAT, M. PASCUAL, P. PENCHASZADEH, M. L. PIRIZ, F. SCARABINO, E. D. SPIVAK & E. A. VALLARIN. 2002. No longer the pristine confines of the world ocean: a survey of exotic marine species in the southwestern Atlantic. *Biological Invasions* 4: 115-143.
- PANIAGUA-CHÁVEZ, C. G. & M. J. ACOSTA-RUIZ. 1995. Gonadal development of *Crassostrea gigas* in Bahía San Quintín, Baja California, Mexico. *Ciencias Marinas* 21: 225-242.
- PASCUAL, M. S. & J. M. ORENSANZ. 1996. *Introducciones y trasplantes de especies marinas en el litoral patagónico*. Informes Técnicos del Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera Patagónica. Puerto Madryn (Argentina). No. IX: 16.
- PERDUE, J. A., J. H. BEATTIE & K. K. CHEF. 1981. Some relationships between gametogenic cycle and summer mortality phenomenon in the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) in Washington State. *Journal of Shellfish Research* 1: 9-16.
- RAMÍREZ-FILIPPINI, D., J. CHÁVEZ-VILLALBA & C. CÁCERES-MARTÍNEZ. 1990. Cultivo de ostión en costales sobre estantes en la zona intermareal en Bahía de La Paz, B. C. S.: Estudio comparativo de crecimiento y resistencia, con el cultivo en suspensión. In: De la Lanza-Espino, G. & J. L. Arredondo-Figueroa (Eds.). *La Acuicultura en México: de los Conceptos a la Producción*. UNAM-Instituto de Biología. México, pp. 152-161.
- RENAULT, T., N. COCHENNEC, R.M. LE DEUFF & B. CHOLLET. 1994. Herpes-like virus infecting Japanese oyster *Crassostrea gigas* spat. *Bulletin of European Association of Fish Pathology* 14: 64-66.
- RENAULT, T., N. A. STOKES, B. CHOLLET, N. COCHENNEC, F. BERTHE, A. GÉRARD & E. M. BURRESON. 2000. Haplosporidiosis in the Pacific oyster *Crassostrea gigas* from the French Atlantic coast. *Diseases of Aquatic Organisms* 42: 207-214.
- ROBINSON, T. B., C. L. GRIFFITHS, A. TONIN, P. BLOOMER, M. P. HARE. 2005. Naturalized populations of oysters, *Crassostrea gigas* along the South African coast: distribution, abundance, and population structure. *Journal of Shellfish Research* 24: 443-450.
- RODRÍGUEZ, L. F. & S. E. IBARRA-OBANDO. 2008. Cover and colonization of commercial oyster (*Crassostrea gigas*) shells by fouling organisms in San Quintin bay, Mexico. *Journal of Shellfish Research* 27: 337-343.
- SAGARPA (SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN). 2008. Determinación de agentes causales de alta mortalidad en los cultivos del ostión japonés, *Crassostrea gigas*, de

- las costas de Sonora.. Gobierno de Sonora - Anexo Técnico 2005. México. 147 p.
- SAGARPA (SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN). 2013. Registro y Estadística Pesquera y Acuícola-Consulta Específica por Especie. Disponible en línea en: http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/consulta_especifica_por_produccion(consultado el 21 agosto 2013).
- SAMAIN, J. F., P. BOUDRY, L. DÉGREMONT, P. SOLETCHNICK, M. ROPERT, E. BÉDIER, J.L. MARTIN, J. MOAL, M. MATHIEU, S. POUVREAU, C. LAMBERT, J.M. ESCOUBAS, J.L. NICOLAS, F. LE ROUX, T. RENAULT, T. BURGEOT & C. BACHER. 2005. *Information on the distribution, causes and significance of the summer mortality syndrome in the Pacific oyster (Crassostrea gigas) and other bivalve species*. Report on the Working Group on Pathology and Diseases of Marine Organisms (ICES CM 2005/F:02). La Tremblade (France). 1206 p.
- SICARD, M. T., A. N. MAEDA-MARTÍNEZ, S. E. LLUCH-COTA, C. LODEIROS, L. M. ROLDÁN-CARRILLO & R. MENDOZA-ALFARO. 2006. Frequent monitoring of temperature: An essential requirement for site selection in bivalve aquaculture in tropical-temperate transition zones. *Aquaculture Research* 37: 1040-1049.
- SOLETCHNIK, P., O. LE MOINE, N. FAURY, D. RAZET, P. GEAIRON & P. GOULLETQUER. 1999. Mortalité de l'huître *Crassostrea gigas* dans le bassin de Marennes-Oléron: étude de la variabilité spatiale de son environnement et de sa biologie par un système d'informations géographiques (SIG). *Aquatic Living Resources* 12(2): 131-143.
- TAPIA-VÁZQUEZ, O., H. M. GONZÁLEZ-ALCALÁ, L. M. SÁENZ-GAXIOLA & R. GARCÍA-HIRALES. 2008. *Manual de buenas prácticas en granjas ostrícolas de San Quintín, Baja California, México*. Comité Estatal de Sanidad Acuícola e Inocuidad de Baja California, A. C. (SAGARPA-CONA-PESCA). Ensenada. 36 p.
- VALDEZ-HOLGUÍN, J. E. 1994. Daily variations of temperature, salinity, dissolved oxygen and chlorophyll *a* in a hypersaline lagoon of the Gulf of California. *Ciencias Marinas* 20: 123-137.
- VÁSQUEZ-YEOMANS, R., J. CÁCERES-MARTÍNEZ & A. M. GARCÍA-ORTEGA. 2004. Bacterias aisladas de las branquias del ostión japonés *Crassostrea gigas* cultivado en Bahía Falsa, Baja California, México. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM Serie Zoología* 75 (2): 237-243.
- VÁSQUEZ-YEOMANS, R., J. CÁCERES-MARTÍNEZ & A. FIGUERAS-HUERTA. 2004. Herpes-like virus associated with eroded gills of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* in México. *Journal of Shellfish Research* 23 (2): 417-420.
- VÁSQUEZ-YEOMANS, R. & J. CÁCERES-MARTÍNEZ. 2004. Herpesvirus y mortalidades del ostión *Crassostrea gigas*, en el Noroeste de México. *Boletín del Programa Nacional de Sanidad Acuícola y la Red de Diagnóstico (UAM-SAGARPA, Año 7)*, 1 (25): 10-11.
- VÁSQUEZ-YEOMANS, R., A. M. GARCÍA ORTEGA & J. CÁCERES MARTÍNEZ. 2010. Gill erosion and herpesvirus in *Crassostrea gigas* cultured in Baja California, México. *Diseases of Aquatic Organisms* 89: 137-144.
- VILLARREAL, G. 1995. Alterations in the structure of the macrobenthic community at Bahía Falsa, Mexico, related to the culture of *Crassostrea gigas*. *Ciencias Marinas* 21: 373-386.
- VITE-GARCÍA, N. M. 2002. *Crecimiento, mortalidad e índice de condición del ostión Crassostrea gigas (Thunberg, 1795) en un cultivo piloto comercial en la bahía Tangolunda, Oaxaca, México*. Universidad del Mar. Tesis de Licenciatura (Biología), UMAR, Oaxaca, 111 p.
- WANG, J., K. CHRISTOFFERSEN, S. BUCK & Y. TAO. 2007. *The Pacific oyster (Crassostrea gigas) in the Isefjord, Denmark*. Roskilde University. Biological Thesis, RUK, Roskilde (Denmark), 49 p.
- WINTER, J. E., J. E. TORO, J. M. NAVARRO, G. S. VALENZUELA & O. R. CHAPARRO. 1984. Recent developments, status and prospects of the molluscan aquaculture on the Pacific coast of South America. *Aquaculture* 39: 95-134.
- WRANGE, A. L., J. VALERO, L. S. HARKESTAD, O. STRAND, S. LIDEGARTH, H.T. CHRISTENSEN, P. DOLMER, P. S. KRISTENSEN & S. MORTENSEN. 2010. Massive settlements of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, in Scandinavia. *Biological Invasions* 12: 1145-1152.
- ZARAIN-HERZBERG, M. & C. VILLALOBOS-FERNÁNDEZ. 2012. *Manual de operación y manejo biológico del cultivo de ostión (CONACyT- FOMIX-126285)*. Centro de Ciencias de Sinaloa. Culiacán, México. 51 p.

Recibido: 12 de noviembre de 2013.

Aceptado: 7 de marzo de 2014.