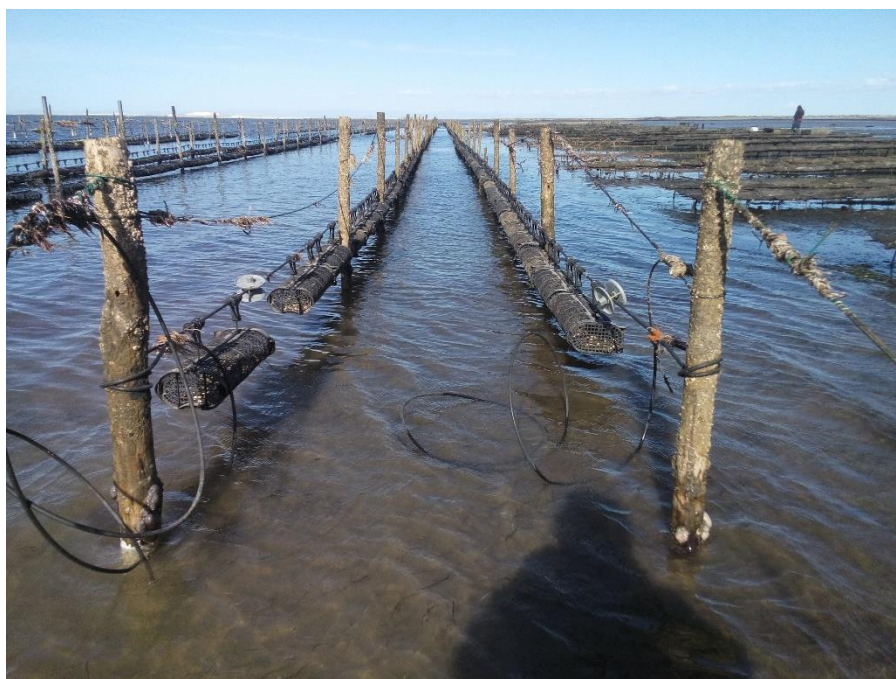




Proyecto No. 00089333: “Aumentar las Capacidades Nacionales para el Manejo de las Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional de EEI”

“Servicio de consultoría para evaluar la situación actual del ostión japonés en la zona marina de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno”

CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CULTIVO DE OSTIÓN JAPONÉS (*Crassostrea gigas*) EN LA ZONA MARINA DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA EL VIZCAÍNO



Fuente: Fotografía tomada por Saúl González, 2018.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR

Marzo de 2019

“Las opiniones, análisis y recomendaciones de política incluidas en este informe no reflejan necesariamente el punto de vista del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, como tampoco de su junta ejecutiva ni de sus estados miembros.”



Título: Caracterización de los sistemas de cultivo de ostión japonés *Crassostrea gigas*, en la zona marina de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno. Servicio de consultoría para evaluar la situación actual del ostión japonés en la zona marina de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno.

Objetivo: Describir y caracterizar los métodos de cultivo del ostión japonés (*Crassostrea gigas*) que se emplean en la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, determinar zonas críticas de riesgo de dispersión, y analizar impactos potenciales de la liberación de ostiones al medio natural.

Autores: Héctor Reyes Bonilla, Eduardo Balart Paez y Miguel Ángel Ojeda Ruiz de la Peña

Colaboradores: Dr. Fco. Omar López Fuerte, M.C. Saúl González R., Dra. Gabriela Cruz P.

Apoyo de campo: M.C. Manuel Alejandro Olán González, Biol. Mar. Diego Gijón Díaz

Modo de citar: PNUD México (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2019. Caracterización de los sistemas de cultivo de ostión japonés *Crassostrea gigas*, en la zona marina de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno. Servicio de consultoría para evaluar la situación actual del ostión japonés en la zona marina de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno. Proyecto 00089333 “Aumentar las Capacidades Nacionales para el Manejo de las Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional de EEI”. Reyes Bonilla, H., E. Balart Paez & M. A. Ojeda Ruiz de la Peña. Laboratorio de Sistemas Arrecifales, UABCS, La Paz, Baja California Sur, México. 28 pp.

Área geográfica objeto del informe: Reserva de la Biosfera El Vizcaíno.

Fecha de inicio proyecto: 20 de agosto de 2018.

Fecha de terminación proyecto: 30 de abril de 2019.

Resumen: Se realizaron visitas a los productores de *Crassostrea gigas* dentro de la Laguna Ojo Liebre a fin de caracterizar sus sistemas de cultivo, ya que cada productor ha adoptado distintos métodos de trabajo. Posteriormente, a partir de entrevistas y otra información, se determinaron áreas con sustrato firme (naturales o artificiales) donde larvas de la especie podrían fijarse y establecer poblaciones. Por último, dado que se ha confirmado la presencia del ostión japonés en vida libre en cuatro puntos de la Laguna Ojo de Liebre, se discuten posibles impactos y procedimientos que podrían ayudar a evitar o minimizar la posibilidad de invasión, incluyendo la obligatoriedad de utilizar semillas triploides y la implementación de programas de pesca y extracción de organismos; todos ellos deben ser incluidos en un programa de manejo del ostión en la REBIVI, armado a partir del consenso de agencias de gobierno, productores y autoridades del ANP.

Vínculo con la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras: Se plantea la generación de información para conocer la situación actual del ostión japonés en un Área Natural Protegida de relevancia ecológica y económica. Se busca contar con un mejor monitoreo y control de las actividades de acuicultura y consecuentemente preservar en paralelo la salud

del ecosistema. El proyecto se vincula con el Objetivo Estratégico 1: “Prevenir, detectar y reducir el riesgo de introducción, establecimiento y dispersión de especies invasoras”; Metas: 1.2, “Información científica y técnica, relevante, oportuna y accesible, que genere capacidades en diversos sectores para atender las prioridades relacionadas con las especies invasoras”; y 1.7, “Medidas de bioseguridad y sanitarias instrumentadas permanentemente en la introducción, manejo y uso de especies exóticas invasoras”.

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	5
2	OBJETIVOS PARTICULARES.....	6
3	METODOLOGÍA	6
3.1	Caracterización de los sistemas de cultivo	6
3.2	Zonas críticas de dispersión.....	7
4	RESULTADOS	8
4.1	Descripción de los métodos normalmente utilizados a nivel nacional para el cultivo del ostión japonés ¹¹	
4.2	Sistema de cultivo de la empresa Cultivos del Mar del Pacífico	12
4.3	Sistema de cultivo de la empresa Maricultivos Paralelo 28	13
4.4	Zonas críticas de dispersión y métodos de contención	17
5	CONCLUSIONES.....	23
6	REFERENCIAS.....	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Cuestionario sobre las actividades relacionadas a las labores de producción de ostión japonés en la REBIVI.	15
-----------------	--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Esquema que ilustra los principales sistemas empleados para el cultivo de <i>Crassostrea gigas</i> en México. Se observan balsas de madera y costales de cultivo.	9
Figura 2.	Artes de cultivo empleados por la empresa Cultivos del Mar del Pacífico. Se observa el uso de canastas en suspensión con cable ajustable (izquierda) y el empleo de bolsas ostrícolas sobre bastidores (derecha).	12
Figura 3.	Semilla empleada por la empresa Cultivos del Mar del Pacífico (izquierda) y cosecha de una de las canastas de cultivo (derecha).	13
Figura 4.	Semilla empleada por la empresa Maricultivos Paralelo 28 (izquierda) y método de cultivo en camas de varilla con costales ostrícolas (derecha).	13
Figura 5.	Métodos de cultivo en suspensión empleados por la empresa Maricultivos Paralelo 28	14
Figura 6.	Áreas de posible invasión de ostión <i>Crassostrea gigas</i> en Laguna Ojo de Liebre, Reserva de la Biosfera El Vizcaíno.	21

1 INTRODUCCIÓN

El ostión japonés (*Crassostrea gigas*) es un bivalvo originario de la costa nororiental del Océano Pacífico (Carrasco & Barón, 2010), y en la actualidad es una de las principales especies dentro del negocio de la acuicultura marina en el mundo, gracias a su buen precio en el mercado, y a que sus características propias de tolerancia y velocidad de crecimiento lo hacen una opción de fácil manejo (Luna-González *et al.*, 2008). En México, este molusco se está cultivando desde hace más de 40 años en la región noroeste del país y sostiene una industria que arroja grandes ganancias económicas (Avilés-Quevedo & Vázquez-Hurtado, 2006; Chávez-Villalba *et al.*, 2007).

La producción comercial de ostión japonés en México se genera en forma de semilla de laboratorio y los organismos son llevados a engorda en el medio natural (Chávez-Villalba, 2014). Aunque existen diversos métodos para el cultivo, en el país generalmente se trabajan sistemas de canastas colgantes situadas en contacto directo con las corrientes, o, por el contrario, los animales se colocan en bolsas o sartas, y estas se montan en estructuras metálicas colocadas en sitios muy someros; de esta manera, el trabajo de cosecha se vuelve más sencillo. Esta relativa homogeneidad se debe a que los procedimientos acuiculturales fueron aprendidos por los productores a partir de programas ideados por el gobierno federal en las décadas de los 1970s y 1980s, aunque posteriormente cada empresa los ha ido modificando con base en sus necesidades, experiencia, recursos disponibles y a las condiciones ambientales donde se desarrolla su actividad (Aguirre-Muñoz *et al.*, 2001; Avilés-Quevedo & Vázquez-Hurtado, 2006).

Aunque el cultivo de ostión japonés ha sido económicamente muy provechoso a escala mundial, no está exento de situaciones negativas. En varios países de América del Sur y Europa, *C. gigas* ha sido capaz de fundar poblaciones en el medio natural, las cuales eventualmente se convierten en un severo problema ecológico ya que esta especie introducida tiene gran habilidad competitiva, con lo que acapara espacio fácilmente y desplaza a las especies locales del bentos (Troost, 2010). A partir de estas experiencias, el ostión japonés está considerado actualmente como una de las especies marinas invasoras más agresivas (Carrasco & Barón, 2010; Zhang *et al.*, 2012; Herbert *et al.*, 2016).

En teoría, la proliferación en vida libre del ostión japonés en el medio natural no debería ocurrir, ya que normalmente existen regulaciones para que en la engorda se empleen organismos producidos en laboratorio y con la característica de ser triploides. El beneficio de usar estos organismos es que, al tener cromosomas en exceso, su reproducción natural se vea impedida (Tapia-Vázquez *et al.*, 2008); además, los animales emplean para su crecimiento corporal la energía que originalmente estaba canalizada a la reproducción, gracias a lo cual alcanzan tallas comerciales en menos tiempo; dando como resultado un beneficio directo para los productores, quienes pueden realizar un mayor número de cosechas a lo largo del año.

Desafortunadamente, los laboratorios que generan las semillas para las facilidades de acuicultura pueden llegar a poner a la venta tanto organismos triploides como diploides, es decir, ostiones con la capacidad de reproducirse sexualmente si las condiciones ambientales son adecuadas (Cardoso *et al.*, 2007). Cuando ello ocurre, se abre la posibilidad que *C. gigas* sea capaz de liberar gametos viables, los cuales se fecundan en el medio natural y pueden eventualmente colonizar sustratos duros ya sea naturales o artificiales (Carrasco & Barón, 2010).

Esta situación no es ajena a México y, de hecho, se había sugerido que *C. gigas* representaba un alto riesgo en el noroeste del país debido a la existencia de condiciones oceánicas adecuadas para su establecimiento (Bastida-Zavala *et al.*, 2014; Tovar-Hernández *et al.*, 2014). En dicha región el cultivo del ostión japonés se practica en varios estados, pero únicamente dentro un área natural protegida, que es la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno (INE, 2000). Se tenía información que indicaba que los individuos en engorda dentro de la Reserva eran triploides y no representaban un peligro ecológico. No obstante, el descubrimiento de organismos de vida libre, y la confirmación de su identidad como *C. gigas* (PNUD, 2019) llevó a la necesidad de efectuar el presente estudio, donde se revisan los métodos utilizados en el ANP para cultivar la especie, se identifican sitios potenciales donde podría haber riesgo de dispersión, y finalmente se describen los impactos potenciales de la liberación de ostiones al medio natural. En adición, se ofrecen ideas con las cuales puede controlarse el problema actual y para tratar de minimizar futuras proliferaciones de individuos en la Reserva.

2 OBJETIVOS PARTICULARES

- Caracterizar los sistemas de cultivo de *Crassostrea gigas* que se utilizan dentro de la REBIVI y su zona de influencia.
- Determinar las zonas críticas de riesgo de dispersión para el ostión japonés dentro de la REBIVI.

3 METODOLOGÍA

3.1 Caracterización de los sistemas de cultivo

La obtención de información para el reconocimiento de las empresas acuícolas que se localizan en Laguna Ojo de Liebre de la comunidad de Guerrero Negro, Baja California Sur, se realizó por distintas vías. En primera instancia, se tomó como base la página electrónica de la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA) donde a través de la liga <https://acuasesor.conapesca.gob.mx/> se reconocieron los polígonos que se localizan dentro de la laguna, tanto para permisos vigentes como para los que se encuentran en trámite. Se apuntó además información como: nombre de la empresa, número de permiso de acuicultura de fomento, superficie del polígono en hectáreas, zona de instalación del cultivo, periodo de vigencia del permiso de fomento y especies permitidas para su cultivo.

Posteriormente, se realizaron llamadas telefónicas a la oficina de CONAPESCA en la ciudad de la Paz Baja California Sur, para corroborar la información o actualizarla en su caso. Teniendo los nombres de las empresas confirmadas, se realizó otra búsqueda vía electrónica para obtener información particular de cada empresa establecida con la intención de lograr un contacto personal. Con lo anterior, se obtuvieron los números telefónicos de los representantes, así como sus correos electrónicos, además de documentos legales (ej. permisos vigentes) de cada productor acuícola de forma libre vía electrónica, pudiendo con esto recabar información acerca del periodo de vigencia del permiso, las especies autorizadas, el polígono autorizado con coordenadas, así como la caracterización de las etapas de crecimiento y los sistemas de cultivo que utiliza cada empresa.

A continuación, se realizó un directorio donde se registró el nombre de la empresa, el nombre del representante legal, la dirección fiscal de la empresa, el teléfono del representante legal u oficina, el correo electrónico del representante legal o de la empresa, la lista de especies autorizadas, el número de permiso vigente, la superficie del polígono autorizado vigente, la ubicación de la instalación del cultivo y la vigencia del permiso. Una vez realizado esto, se contactó personalmente a cada productor con la intención de hacer un primer contacto y poderles realizar posteriormente una entrevista y así conocer un poco más sobre sus sistemas de cultivo, la forma como operan, su experiencia, entre otras preguntas.

La entrevista se realizó a dos de las tres empresas que cuentan con permiso legal vigente y se encuentran en operación. Al finalizar la entrevista se solicitó a los productores permiso para que el técnico pudiera visitar los cultivos con el fin de obtener fotografías de cada uno de sus sistemas, a lo cual accedieron cordialmente. Días siguientes y bajo condiciones ambientales favorables y marea baja, se acudió a cada una de las instalaciones acuícolas en acompañamiento del representante legal de cada empresa, donde los productores brindaron una explicación más detallada del porqué de los sistemas acuícolas en operación, los resultados que han obtenido bajo ese sistema, las complicaciones que han tenido y las modificaciones que han realizado a lo largo de los años para obtener mejores resultados, así mismo permitieron la obtención de fotografías de todos sus sistemas y etapas de cultivo.

3.2 Zonas críticas de dispersión

Paralelamente, para caracterizar el ambiente local en la visita efectuada al campo y por información obtenida a partir de consultas personales con pescadores de la REBIVI, se denotaron los sitios con presencia potencial o real de sustratos rocosos o duros (por ejemplo, muelles u otra infraestructura portuaria) donde las larvas del ostión japonés pudieran fijarse. Para confirmar la idoneidad de esas zonas, se empleó la serie de tiempo de los datos oceanográficos descritos en el informe previo (PNUD México, 2019) sobre la temperatura (°C), salinidad (unidades prácticas de salinidad; UPS), pH y oxígeno disuelto

(mg/l), para el intervalo 2002-2017 utilizando información del satélite MODIS-AQUA (temperatura; <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>) y del Atlas Mundial de los Océanos (WOA) (salinidad, oxígeno; <https://www.nodc.noaa.gov/OC5/SELECT/woaselect/woaselect.html>), cuyos datos provienen de medidas tomadas *in situ* en cruceros oceanográficos y otras fuentes. En el primer caso la información se presenta a una escala de 0.0825° de latitud-longitud (9 km de pixel), mientras que para el WOA se presenta de manera puntual (posiciones geográficas a una precisión mínima de 0.1° de latitud-longitud).

4 RESULTADOS

Antecedentes y caracterización de los sistemas de cultivo de ostión japonés

Los primeros cultivos de *Crassostrea gigas* en México se llevaron a cabo importando la semilla fijada en concha madre de Estados Unidos. Posteriormente, con la creación del CREMES (Centro Reproductor de Especies Marinas) en Sonora, se empezó a producir semilla individual y larva fijadora a partir de reproductores locales. A pesar de lo anterior, la obtención de semilla y/o larva para el cultivo presentó varias alternativas, dependiendo de la demanda y la disponibilidad que había, tanto localmente como en el extranjero. En el año 2014 el CREMES registró una capacidad de producción anual de 50 millones de semillas (entre organismos diploides y triploides) y 300 millones de larvas con capacidad para fijarse al fondo.

No obstante, la demanda es superior a las cifras mencionadas, por lo que existen además empresas norteamericanas como Whiskey Creek Shell Fish (Oregón) y Taylor Shellfish Faros (Washington), así como 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), Acuacultura Robles (La Paz, Baja California Sur), Bivalvos del Pacífico (Bahía Asunción, Baja California Sur), quienes ofrecen semilla y larva para los productores. Cabe mencionar que el precio de la semilla individual depende de su tamaño: las tallas promedio que más se manejan son entre 3-5 mm (\approx \$40.00-\$60.00 pesos el millar).

Por otro lado, una de las problemáticas relacionadas con *C. gigas* en México es el escaso desarrollo tecnológico en los sistemas de cultivo. Si bien se han utilizado una gran variedad de estructuras (linternas, cajas plásticas para frutas, costales cebolleros, bastidores de madera cubiertos con malla mosquitero, etc.), los sistemas de cultivo más utilizados son balsas y estantes, cajas ostrícolas y costales (Robles & Salinas, 1993; Mazón, 1996; Chávez-Villalba, 2014), los cuales han estado en práctica desde la introducción de la especie al país y no han sufrido grandes variaciones en sus características técnicas o materiales a lo largo del tiempo.

Las balsas y estantes de cultivo (Figura 1A) son estructuras flotantes cuya base se construye a partir de diversos materiales (poliuretano, fibra de vidrio, madera, botes de plástico de 200 litros, etc.) y sobre los cuales se instala un emparrillado o estacones de madera de aproximadamente 3-5 metros de ancho por 5-6 metros de largo. Las balsas se disponen en filas de hasta 10 unidades sujetadas al fondo con cuerdas amarradas a anclas o lastres de concreto. Estas balsas son utilizadas principalmente para la fase de pre-engorda de los organismos 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).

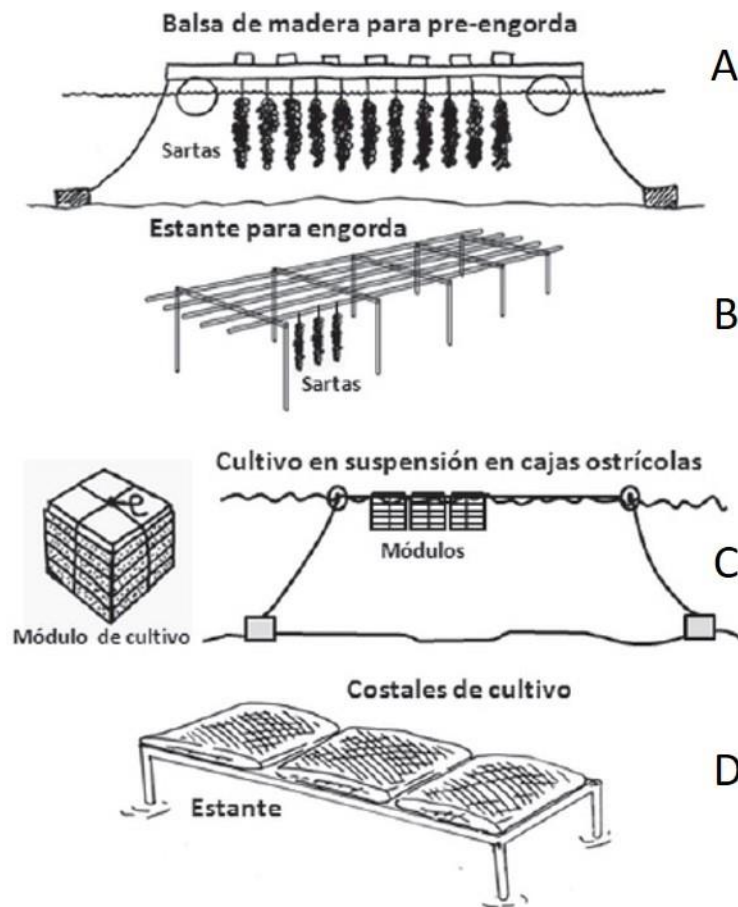


Figura 1. Esquema que ilustra los principales sistemas empleados para el cultivo de *Crassostrea gigas* en México. Se observan balsas de madera (A), estantes para engorda (B), módulos de cultivo con cajas ostrícolas (C) y costales de cultivo (D). Tomado de Chávez-Villalba, 2014, y modificado por Héctor Reyes Bonilla.

Los ostiones pre-engordados en las balsas son llevados a estructuras llamadas estantes para su engorda (Fig. 1B). 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 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, estas se amarran individualmente en cada travesaño del estante a una distancia de 20-30 cm de forma que en cada uno quedan 22 sartas, para un total de 110 sartas por unidad. La fase de engorda dura de 10 a 14 meses (Tapia-Vázquez *et al.*, 2008).

Otra forma de cultivo se realiza mediante el uso de cajas ostrícolas (conocidas también como canastas o charolas; Fig. 1C), las cuales generalmente son de plástico con perforaciones de 8 mm de diámetro y un tamaño de aproximadamente 60 x 60 x 10 cm (lado por lado y alto). Normalmente, se colocan de 4 a 5 cajas apiladas conteniendo a los organismos (están construidas de manera que tienen una ceja que permite apilarlas unas sobre otras) y sobre la caja superior se instala un cuadro de poliestireno (50 x 50 x 5 cm) que sirve como flotador (pudiendo estar o no cubierto por otra caja). Posteriormente, 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. 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 de mosquitero (2mm 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 (Chávez-Villalba, 2014).

Finalmente, existe el cultivo en costales (Fig. 1D), sistema muy utilizado en Europa para la producción de esta especie. El sistema se ha adaptado a las condiciones regionales de nuestro 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 son colocados y sujetados con ganchos de metal o plástico unidos a ligas o tiras de caucho sobre estructuras llamadas estantes, las cuales se construyen con 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 (Fig. 1D).

Para la siembra y la pre-engorda se utiliza generalmente una bolsa de malla mosquitero (2 mm de luz de malla) 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 9mm. La pre-engorda dura hasta que los ostiones alcancen una talla promedio mayor a 20-30 mm de largo, lo que sucede entre dos y cuatro 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 que exista mejor circulación de agua entre ellos. La fase de engorda puede durar de 6 a 10 meses dependiendo de la zona de cultivo.

A pesar de que existen métodos estandarizados para el cultivo, y es posible que históricamente muchos de estos hayan sido utilizados en la REBIVI, en su caso todos resultan ineficaces para contener la dispersión de las larvas de los especímenes en cultivo si estos organismos son diploides. La razón de ello es que los recipientes que contienen a los ostiones deben tener flujo libre de agua para que los organismos se alimenten del plancton que proviene del medio, por lo que cualquier gameto que sea expulsado de la gónada tendrá vía libre para su incorporación a la columna de agua en la Reserva. El tratar de colocar una malla o algún otro sistema similar que evite la salida de los gametos automáticamente evitaría la llegada del alimento a los adultos, causando eventualmente su muerte.

4.1 Descripción de los métodos normalmente utilizados a nivel nacional para el cultivo del ostión japonés

Para complementar la información previamente descrita, los datos obtenidos de CONAPESCA indicaron que en la REBIVI están registradas cinco empresas de acuicultura marina: CULTIVOS DEL MAR DEL PACIFICO, S.A. DE C.V., PACIFICLAMS, S.A. DE C.V., MARICULTIVO PARALELO 28 S.A. DE C.V., SOCIEDAD COOPERATIVA DE PRODUCCIÓN PESQUERA LUIS GOMEZ Z. S DE R.L DE C.V., JUAN JOSE AYALA MARTINEZ); todas tienen autorización legal vigente bajo permisos de acuicultura de fomento para el cultivo de moluscos bivalvos, y cabe señalar que en estos documentos todas ellas han recibido permiso para cultivar otras especies además del ostión japonés; entre estas se incluyen la almeja catarina (*Argopecten ventricosus*), el callo de hacha (*Atrina maura*), la almeja pata de mula (*Anadara multcostata*), almeja mano de león (*Nodipecten subnodosus*), almeja chocolate (*Megapitaria* spp.), la almeja generosa (*Panopea globosa*), e incluso el ostión Kumamoto (*Crassostrea sikamea*), que es otra especie de cultivo no nativa de México y que se trabaja mucho en el Golfo de California. Además de las anteriores, existe otra empresa (SOCIEDAD COOPERATIVA DE PRODUCCION PESQUERA "BAHIA VIZCAÍNO" S.C.L.) con su solicitud en trámite ante CONAPESCA, también para acuicultura de fomento de moluscos bivalvos en Laguna Ojo de Liebre, B.C.S.

De las cinco empresas con permiso vigente, a principios de 2019 solo tres de ellas (CULTIVOS DEL MAR DEL PACIFICO, S.A. DE C.V., PACIFICLAMPS, S.A. DE C.V., MARICULTIVO PARALELO 28 S.A. DE C.V.,) se encuentran en operación, ya que cuentan con infraestructura y organismos en distintas etapas de crecimiento. Las otras dos empresas no han iniciado operaciones, una de ellas (SOCIEDAD COOPERATIVA DE PRODUCCIÓN PESQUERA LUIS GOMEZ Z. S DE R.L DE C.V.) debido a la falta de infraestructura y semilla; mientras que la última empresa (JUAN JOSE AYALA MARTINEZ) no está trabajando por falta de autorización del Manifiesto de Estudio de Impacto Ambiental ante SEMARNAT.

Con el fin de caracterizar los sistemas de cultivo para el ostión japonés que se utilizan dentro de la REBIVI se buscó realizar entrevistas sobre las actividades relacionadas a las labores de producción a las tres empresas con permiso vigente e infraestructura en funcionamiento ubicadas dentro de la zona de estudio. Los resultados de las empresas CULTIVOS DEL MAR DEL PACIFICO, S.A. DE C.V., y MARICULTIVO PARALELO 28 S.A. DE C.V.; se muestran en la tabla 1. Desafortunadamente el tercer productor (PACIFICLAMPS, S.A. DE C.V.) recibió la encuesta, pero, a pesar de una espera de más de tres semanas, no fue posible obtener sus respuestas.

4.2 Sistema de cultivo de la empresa Cultivos del Mar del Pacífico

Esta empresa lleva 6 años implementando el cultivo de ostión japonés en la zona. La semilla se obtiene del Laboratorio Acuicultura Robles y las artes de cultivo empleadas en la producción incluyen el uso de bolsas ostrícolas (ejemplificadas en la Figura 1B), costales de cultivo o bastidores (Figura 2; análogos a los de la Figura 1D) y canastas con líneas ajustables. Estas últimas son modificaciones del cultivo en suspensión (Figura 1C) y se emplean en sitios donde la profundidad es poca, lo que dificulta el acceso con embarcaciones o a pie. Esta condición lleva a que los productores instalen sistemas con líneas que se puedan cobrar directamente desde tierra (Figura 2).



Figura 2. Artes de cultivo empleados por la empresa Cultivos del Mar del Pacífico. Se observa el uso de canastas en suspensión con cable ajustable (izquierda) y el empleo de bolsas ostrícolas sobre bastidores (derecha). *Elaboración: UABCS/S. González Romero, 2018.*

En el cuestionario aplicado, los productores de esta empresa mencionaron que emplean semilla triploide, realizando cuatro siembras al año (en función de la disponibilidad de la semilla), con una producción estimada en 500 docenas a la semana por año, aunque en los meses de invierno y otoño el mal tiempo impide realizar cosechas de manera continua. Cabe señalar que cada docena oscila entre 800 y 1,200 gramos (Figura 3).



Figura 3. Semilla empleada por la empresa Cultivos del Mar del Pacífico (izquierda) y cosecha de una de las canastas de cultivo (derecha). *Elaboración: UABCS/S. González Romero, 2018.*

4.3 Sistema de cultivo de la empresa Maricultivos Paralelo 28

Esta empresa lleva unos 3 años trabajando el cultivo de ostión japonés en la zona del complejo lagunar, y actualmente tiene una concesión de 14 hectáreas. Al igual que la otra empresa, obtienen la semilla del Laboratorio Acuicultura Robles y utilizan distintos métodos de cultivo (Figura 4 y 5) incluyendo camas de varilla corrugada o estantes, líneas ajustables y líneas madres, principalmente (análogos a los de la Fig. 1D).



Figura 4. Semilla empleada por la empresa Maricultivos Paralelo 28 (izquierda) y método de cultivo en camas de varilla con costales ostrícolas (derecha). *Elaboración: UABCS/S. González Romero, 2018.*

En el caso de esta empresa, la siembra y la cosecha se realiza con base en la disponibilidad de la semilla y el mercado, pudiendo llegar a tener una producción de hasta 1,000,000 de semillas sembradas en el medio.



Figura 5. Métodos de cultivo en suspensión empleados por la empresa Maricultivos Paralelo 28. *Elaboración: UABCS/S. González Romero, 2018.*

Tabla 1. Respuestas al cuestionario sobre las actividades relacionadas a las labores de producción de ostión japonés en la REBIVI.

Nombre de la empresa	CULTIVOS DEL MAR DEL PACIFICO, S.A. DE C.V.	MARICULTIVO PARALELO 28 S.A. DE C.V.
1) ¿Por cuántos años ha llevado a cabo el cultivo de ostión japonés y por qué se inició en este cultivo?	6 años- Necesidad de generar alimento y autoempleo	3 años. Como alternativa a la pesca
2) ¿Cuál es la superficie total de los polígonos que tiene concesionados para desarrollar el cultivo de ostión japonés en la Reserva?	13.5 Hectáreas	14 hectáreas (permiso de fomento)
3) ¿Cuáles son los artes de cultivo que usted emplea?	Bolsa ostrícola, canasta australiana, líneas ajustables, bastidores	Camas de varilla corrugada, líneas ajustables, líneas madres
4) ¿Cuál es la densidad de cultivo (número de organismos por caja ostrícola) que normalmente emplea?	Bastidor de 2mm con 24 organismos Luz de malla 9mm con 250 organismos Luz de malla 14 mm con 120 organismos	Luz de malla 9mm con 120 organismos Luz de malla 2mm con 5,000 organismos
5) ¿De dónde proviene la semilla que utiliza para el cultivo?	Laboratorio Acuicultura Robles	Laboratorio Acuicultura Robles
6) ¿Usted emplea ostiones diploides o triploides? Si son diploides, ¿por qué los elige?	Triploide. Más resistente al verano	Triploide
7) ¿Cuál es su calendario para la siembra, pre-engorda, engorda, endurecimiento y cosecha?	4 siembras al año mientras haya disponibilidad del recurso biológico	Siembra: Según la disponibilidad de la semilla. Pre-engorda: duración de un mes aproximadamente Engorda: duración de 2 a 4 meses Cosecha: Disponibilidad del mercado
8) ¿Cuántas cosechas al año obtiene?	500 docenas a la semana durante todo el año, según lo permita el clima	En 2018 se hicieron 5 cosechas de 6 mil docenas

9) ¿Cuál es la longitud de la concha y el peso promedio de los ostiones durante la cosecha? ¿Esas medidas han cambiado en el tiempo?	De 8 a 12 Centímetros Una docena oscila entre 800 a 1200 gramos	Longitud de la concha 6.5-7cm Peso promedio por docena 800 a 1,000 gramos. No han cambiado las medidas
10) ¿Cuál es el volumen de producción por polígono asignado, o en total para su concesión?	No hay límite	1,000, 000 semillas sembradas
11) ¿Ha escuchado alguna vez sobre los efectos negativos que el ostión japonés ha tenido en los ecosistemas naturales de otras partes del mundo, cuando por algún motivo logra establecer poblaciones fuera de los sitios de cultivo?	No he escuchado	No
12) ¿Considera un problema que los ostiones de cultivo puedan lograr colonizar zonas fuera de las zonas de cultivo? ¿Por qué?	No	No, puede ser alimento para otros organismos
13) Si es el caso, ¿sabe usted de algún método para controlar la reproducción o el reclutamiento del ostión japonés fuera de los polígonos de cultivo? ¿Podría proponer alguno?	No	No
¿Tiene usted alguna observación o comentario adicional sobre el cultivo de ostión que quiera compartir?	Si comparamos la flora y fauna del polígono con tiempos atrás, puedo decir que antes no se veía mucha productividad como la que se observa ahora, contamos con callo de hacha, y algunas almejas.	Buscar la manera de fomentar los cultivos de ostión en la localidad de Guerrero Negro

En las respuestas a los cuestionarios puede verse que ambas empresas no siguen exactamente los mismos procedimientos, ya que una prefiere tener los organismos en flotación, mientras que la otra los tiene en camas de varilla cerca del fondo. La razón de la diferencia parece ser la experiencia personal de cada productor, indicando que a ellos les ha resultado más exitoso trabajar de su forma particular. En adición, y aunque los dos sitios descritos se localizan cerca uno del otro y en la misma parte interna de la Laguna Ojo de Liebre, es posible que las condiciones locales de profundidad y tipo de fondo tengan un efecto sobre la producción de ostiones. Por ejemplo, alta sedimentación podría llevar a un productor a no usar sistemas de fondo, mientras que en presencia de corrientes muy fuertes que aporten mucho plancton, otros sistemas serían más eficientes. Ya que no existe información sobre aspectos batimétricos (que podrían definir aspectos como el aporte de plancton al cultivo), este tema podría ser abordado en mayor profundidad en un estudio subsecuente.

Por otro lado, ambos productores afirman recibir sus semillas de la misma compañía mexicana (Acuacultura Robles), y también que su producción depende de la disponibilidad de larvas o semillas que ofrece la citada compañía. Además, ambos grupos sostienen que emplean organismos triploides dadas sus ventajas de resistencia a las altas temperaturas y además (esto dicho de manera personal), porque los organismos triploides crecen más rápidamente debido a que la energía que se utilizaría en generar gametos, se canaliza totalmente al aumento de tamaño y masa corporal. Finalmente, ambos productores cosechan animales de tamaños semejantes (800 a 1,000 g por docena), dado que ésta es la talla mejor recibida por los consumidores.

Entre las diferencias encontradas en la forma de trabajar de los productores fue notable que la cantidad de organismos en cultivo fue muy superior para “Cultivos del Mar del Pacífico”, y además que esta empresa no tiene límites establecidos de producción y tampoco habla de que la disponibilidad de mercado sea una limitante. Es posible que esto se deba a que la citada compañía tiene mejores canales de comercialización y no se ve limitada por la demanda.

Finalmente, ninguna de las empresas afirma saber que el ostión japonés es una especie con alto potencial invasivo, ni que la generación de larvas de sus cultivos pudiese representar un problema ecológico local; por el contrario, en las entrevistas se menciona la creencia que las larvas pueden ser utilizadas como alimento por otras especies (incluidos otros bivalvos), y sugieren que se debe impulsar aún más la actividad. Como consecuencia, no se contemplan métodos para la contención de la reproducción o para evitar el reclutamiento potencial del ostión fuera de los embalses de cultivo.

4.4 Zonas críticas de dispersión y métodos de contención

Como se ha mostrado en resultados previos (PNUD México, 2019; 2019b), los análisis demuestran que el ostión japonés (*C. gigas*) está presente en vida libre en la Laguna Ojo de Liebre dentro de la REBIVI, y además que los organismos están en reproducción activa.

La literatura no menciona métodos que funcionen de forma exitosa para contener y evitar la colonización de ostiones fuera de los sitios de cultivo, que no sea la utilización de semillas triploides (Maldonado-Amparo, 1998). Estas fueron empleadas con mucha frecuencia en el pasado ya que, a pesar de tener mayor precio, los productores afirmaban que estos ejemplares crecían más rápidamente (aumentando el número de cosechas al año) y toleraban mejor los cambios ambientales (Garnier-Géré *et al.*, 2002; Chávez-Villalba, 2014). Esta práctica también era adecuada desde la perspectiva del control de una especie introducida, ya que garantizaba (dentro de lo posible) que los animales no podrían reproducirse ni dispersarse fuera de su zona de cultivo.

Si bien en los cuestionarios las empresas indicaron la compra de semilla triploide, en pláticas directas con su personal operativo se afirmó que recientemente se estaba utilizando semilla diploide debido a su mayor disponibilidad a lo largo del año y por su menor precio; todo ello arrojando un mejor balance de ganancia económica para el productor. De este modo es casi inevitable que, si las condiciones ambientales son adecuadas como es el caso de la región noroeste de México, los ostiones produzcan gametos que logren fecundarse en la Laguna Ojo de Liebre aprovechando el giro que se forma en su interior por efecto de mareas (Garnier-Géré *et al.*, 2002), produciendo larvas que podrán encontrar un sustrato donde establecerse debido a su movilidad en la columna de agua y al mismo flujo de corrientes.

Como se ha indicado, en la literatura no se dan pautas sobre cómo llevar a cabo la contención del ostión japonés a partir de un manejo de los cultivos, fuera de la recomendación del uso exclusivo de semillas no reproductivas. Esta es la medida más eficiente para evitar una invasión, pero desafortunadamente, para lograr que las empresas respeten esta determinación en la zona de estudio se requeriría un análisis caro y complejo a partir de muestreos aleatorios anuales donde se buscara confirmar el cariotipo de los organismos presentes en los cultivos. El grupo de trabajo no detectó fuentes de financiamiento que puedan mantener este programa en operación continua, excepto cuotas a los mismos productores que sirvieran para financiar los estudios.

Otra posibilidad sería conminar al laboratorio de producción de semillas y larvas (Acuacultura Robles) para que fuera una obligación que la venta de material biológico a empresas con polígonos situados dentro de la REBIVI se basara únicamente en organismos triploides; esto podría lograrse con apoyo de las autoridades de CONAPESCA a nivel federal y del Comité de Sanidad Acuícola de Baja California Sur, con el soporte de una regla que se pudiera incluir en el Programa de Manejo de la Reserva, actualmente en proceso de actualización. Finalmente, sería factible discutir con el laboratorio de producción una propuesta para que se busquen alternativas “ecológicamente conscientes”, con lo que podría diversificarse su mercado; en este caso, el empleo exclusivo de semilla triploide de ostión japonés en un área protegida que ha sido reconocida por su importancia incluso por UNESCO. Sin embargo, dado que en este momento ni el mercado nacional ni el internacional mantienen condiciones para que esta opción sea considerada como

prioritaria, sería necesario consultar a la empresa directamente para saber si esta es una opción viable de negocio.

Las medidas propuestas anteriores podrían garantizar el control de ostiones invasores dentro de las lagunas, pero representarían una serie de trámites y pruebas que podrían afectar económicamente a las empresas, dando como resultado una negativa en el involucramiento de los empresarios. A lo anterior, se sumaría el hecho de que ellos no admitan la invasión de la laguna por *C. gigas*, y mucho menos la presencia de organismos reproductivos (a pesar de los resultados que les presentemos), ya que todo ello podría afectar sus permisos de cultivo. Una forma de fortalecer los argumentos presentados a los empresarios podría ser demostrar la fuente de los organismos de vida libre por medio de la aplicación de herramientas genéticas para detección de parentesco. Sin embargo, dado que todos los ostiones adultos de la Laguna provienen del mismo laboratorio comercial, es seguro que estarán emparentados entre sí y por ello la delimitación del sitio de origen de las larvas sea imposible.

Con base en este análisis, se sugiere que, si el grupo de productores no toma a bien las medidas de control por medio del uso exclusivo de organismos triploides, una opción para el control de la especie invasora es que éste se realice posterior al reclutamiento de las larvas en el sustrato lagunar. Nuestra sugerencia es que en intervalos regulares (cada año o dos años), se consigan fondos federales (a partir de programas tipo PROCODES, o de Empleo Temporal) con los que personas de la localidad puedan pescar y extraer los organismos del mar y posteriormente comercializarlos, ya sea de manera particular o con apoyo de las mismas empresas productoras, quienes legalmente ya no tienen propiedad sobre esos organismos, pero pueden obtener una ganancia a modo de permisionarios. De este modo, el control de la especie invasora se lograría por medio de una actividad productiva como se ha hecho en el caso del pez león en Quintana Roo y Yucatán. Sin embargo, un aspecto en contra de esta idea es que el mercado es el que determina la cantidad de ostiones a ser cosechados, y en su caso, comercializados. Esto se debe a que el animal solo puede permanecer cierto tiempo fuera del agua o en frío, ya que de otro modo sus características organolépticas aceptables se pierden. Así, es esencial que la colecta de ostiones se haga de manera planificada e idealmente en colaboración con los acuicultores, de manera que se asegure la venta del producto.

Aun si se lograra erradicar la población de ostión japonés actualmente establecida en la Laguna Ojo de Liebre, es claro que mientras los productores sigan empleando organismos diploides la probabilidad de futuras reintroducciones permanece. Por ello, se recomienda que las autoridades e investigadores de CONAPESCA e INAPESCA, del Comité de Sanidad Acuícola de Baja California Sur, en colaboración con la dirección de la REBIVI y con insumos proporcionados por los productores, instituyan un plan de manejo del recurso donde exista una limitación legal para la venta de semilla diploide que sea puesta en engorda dentro del polígono de la Reserva, o bien que se recomiende (¿obligue?) el uso de semillas y larvas triploides. La versión inicial de este plan (que deberá revisarse y aprobarse por las autoridades pertinentes) es uno de los productos a entregar como parte del presente

proyecto, y entre otros aspectos deberá contener un apartado relativo a los mecanismos para el control de los organismos que se encuentran en vida libre, en caso de una nueva reintroducción.

Finalmente, aunque los productores han mencionado que, aun habiendo liberación de larvas, estas no podrían representar un problema local dada la escasez de sitios someros con fondo rocoso. En el presente estudio se ha confirmado la presencia de *C. gigas* en varios de los sitios visitados dentro de la Laguna Ojo de Liebre (Fig. 6), por lo que resulta evidente que a escala de toda la laguna existe un riesgo confirmado de invasión en ciertas zonas, y potencialmente alto en todos aquellos sitios con presencia de sustrato rocoso en su zona intermareal que no fueron visitados (Fig. 7). Por lo anterior, es fundamental obtener recursos complementarios para expandir la búsqueda de sitios rocosos tanto dentro de la Laguna Ojo de Liebre, como en todas las lagunas con cultivos de ostión japonés en la REBIVI (Laguna Manuela y Laguna San Ignacio), con lo que se tenga una idea clara del problema potencial a una mayor escala.

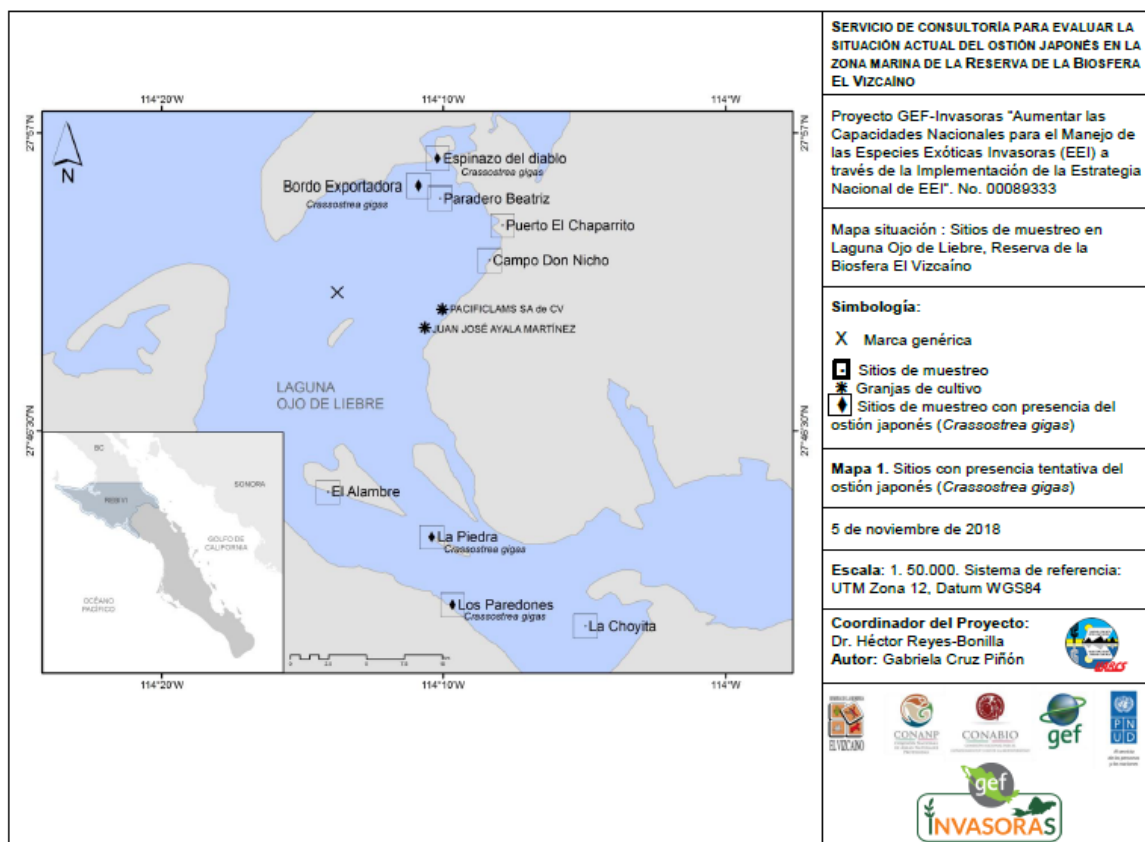


Figura 6. Sitios de muestreo con presencia de especímenes de ostión *Crassostrea gigas* en la Laguna Ojo de Liebre (señalados con rombos). *Elaboración: UABCS/G. Cruz Piñón, 2018.*

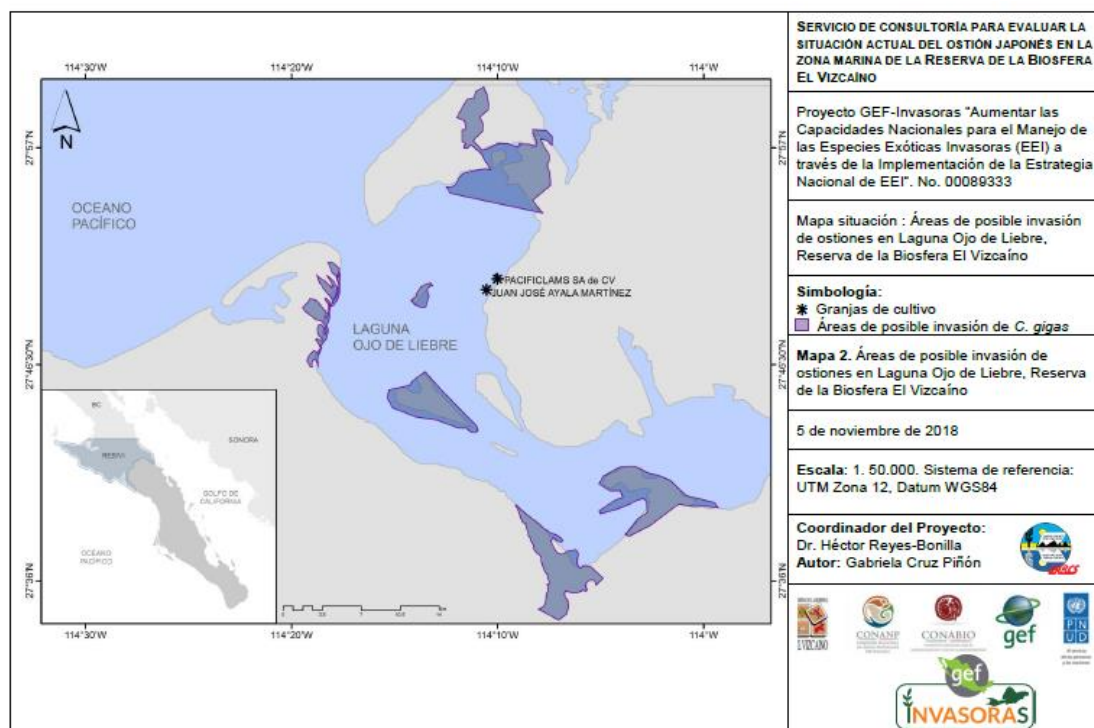


Figura 7. Áreas de posible invasión de ostión *Crassostrea gigas* en Laguna Ojo de Liebre, Reserva de la Biosfera El Vizcaíno. *Elaboración: UABCS/G. Cruz Piñón, 2018.*

4.5 Análisis de los impactos potenciales de la introducción del ostión japonés

Aunque no se tiene información para demostrarlo de manera local, el establecimiento de una población silvestre de *C. gigas* en la REBIV puede representar un problema para el ecosistema por varios motivos. La literatura menciona los siguientes como los principales: competencia por el sustrato contra especies nativas, introducción de patógenos, facilitación de entrada de otras especies exóticas e invasoras, e hibridación con especies locales.

En relación con el primer punto, se ha demostrado que una vez que el ostión japonés ocupa el ambiente natural donde fue introducido, su efecto más común es desplazar a las especies locales que buscan sustratos firmes en zonas intermareales para su fijación y eventual desarrollo (Troost, 2010). Esto ocurre debido a que el ostión es un excelente competidor por el espacio al crecer rápidamente y tener alta tolerancia a cambios ambientales (Barraza-Guardado *et al.*, 2008). El peor caso ocurre cuando las especies locales afectadas son endémicas o de importancia comercial como en el caso del ostión de placer (*Crassostrea corteziensis*; Pérez-Enríquez *et al.*, 2008). En el caso de la Laguna Ojo de Liebre, desafortunadamente no existen monitoreos previos de las zonas de sustrato firme como para poder afirmar si la llegada del ostión japonés modificó la composición y abundancia de las especies bénticas residentes. No obstante, dado que en zonas de sustrato duro que fueron visitadas y donde la especie invasora no fue abundante, se observaron especímenes de diversos phyla (esponjas, briozoarios, poliquetos) incrustados en las rocas; ello lleva a

pensar que el desplazamiento de especies por efecto del invasor es un evento factible, pero tendría que realizarse un seguimiento a futuro para determinar su incidencia real.

Por otra parte, la entrada del ostión al medio natural puede representar una vía de introducción de patógenos que podrían afectar a organismos silvestres (Cáceres-Martínez *et al.*, 2016); esto ha ocurrido en diversas zonas de Sonora, Sinaloa y Nayarit, donde ostiones nativos en cultivo de las especies *Chione fructifaga* y *Crassostrea corteziensis*, y otras introducidas para cultivo como *Crassostrea sikamea* y *C. gigas*, portaban protozoarios de la especie *Perkinsus marinus*. Estos microorganismos han causado enfermedades y severas mortalidades de ostiones de las cuatro especies citadas (Enríquez-Espinosa *et al.*, 2010, 2015; Cáceres-Martínez *et al.*, 2012; Villanueva-Fonseca & Escobedo-Bonilla, 2013), y a la fecha no existe cura para la enfermedad. Afortunadamente, la situación en la REBIVI parece ser diferente, ya que *P. marinus* no ha sido registrado. Lo anterior, posiblemente se deba a la acción del Comité de Sanidad Acuícola de Baja California Sur, que ha impedido la importación de semilla o adultos de los estados con presencia del protozoario, y, por otro lado, porque aparentemente *P. marinus* tiene dificultad para desarrollarse en aguas frías y productivas como las de la Reserva (Gullian-Klanian *et al.*, 2008). Sin embargo, años cálidos y húmedos resultantes de eventos de Oscilación Sureña de El Niño, parecen favorecer al protozoario (Soniati *et al.*, 2006); lo que podría representar un foco de atención si en las próximas décadas la región se ve “tropicalizada” por efecto del cambio climático.

Un tercer daño potencialmente causado por *C. gigas* en vida libre es que los ostiones adultos utilizados para engorda pueden llevar otros organismos exóticos e invasores adheridos a la concha (Cohen & Zabin, 2009). Considerando que las semillas compradas en laboratorio están exentas de epibiontes, podría pensarse que este no sería un problema relevante en la Reserva. No obstante, la presencia de un sustrato “anómalo” en el interior de las lagunas de la REBIVI, representado por los arrecifes de conchas de carbonato de calcio generadas por los ostiones, podría favorecer el establecimiento de especies que normalmente no son residentes de la localidad. Algo semejante pasó en la región de Guaymas, Sonora, donde especímenes de ostión japonés sirvieron de base para la llegada de poliquetos y otras especies que se consideraban raras en ambientes naturales, e incluso ayudaron al establecimiento de especies invasoras (Bastida-Zavala *et al.*, 2014; Tovar-Hernández *et al.*, 2014).

Sobre el potencial de hibridación del ostión japonés con otras especies locales, este ha sido demostrado de manera experimental con varias otras especies del mismo género como *C. hongkongensis* (Zhang *et al.*, 2017) y *C. sikamea* (Camara *et al.*, 2008). Los autores indican que no se ha confirmado que la siguiente generación sea fértil, pero la posibilidad de mezclas interespecíficas persiste. En el caso de la Reserva, es importante indicar que junto a los ejemplares identificados como *C. gigas* y confirmados morfológica y genéticamente, se observaron ostiones que podrían pertenecer a otras especies, probablemente residentes nativos, y que potencialmente podrían aportar gametos que pudieran combinarse con los de *C. gigas*. Al parecer lo anterior aún no ha ocurrido ya que los ejemplares analizados

genéticamente que fueron identificados con un 99% de precisión como *C. gigas*, lo que habla de nula hibridación.

Una preocupación extra que es necesario mencionar es que las larvas hayan sido capaces de salir al Océano Pacífico, ya que fuera de las lagunas la cantidad de sustrato rocoso aumenta notablemente, tanto en la zona costera como en las islas adyacentes (Islas Cedros y Natividad). Para revisar esta situación, se hicieron entrevistas informales a pescadores, cooperativistas y residentes de las zonas de Punta Eugenia, Bahía Tortugas, Isla Natividad e Isla Cedros (todas en los alrededores de la laguna Ojo de Liebre), así como a investigadores del Centro Regional de Investigación Pesquera de La Paz, y a miembros de organizaciones de la sociedad civil que estudian esa zona, con el fin de saber si han detectado la presencia de organismos de vida libre de *C. gigas* en sus sistemas naturales. Afortunadamente, los entrevistados no han reportado la presencia del ostión japonés en sus sitios de trabajo; sin embargo, deberá realizarse un monitoreo mucho más exhaustivo con el fin de corroborar la ausencia del ostión en estas áreas.

Finalmente, a pesar de los aspectos negativos, los productores entrevistados y algunos artículos (Aguirre-Muñoz *et al.*, 2001) mencionan que las larvas de ostión pueden representar alimento para otros organismos, y que en las zonas de cultivo en la Laguna Ojo de Liebre se han visto mejoras en la diversidad biológica circundante. Este dato no puede ser confirmado de manera empírica al carecerse de líneas base de las especies residentes de forma natural en los actuales sitios de cultivo. Además, los empresarios no dan una explicación al respecto, pero podría ser posible que el aporte de heces, así como el material orgánico disuelto y particulado que se libera de los ostiones, estén favoreciendo de alguna forma la presencia de otros bivalvos de origen local.

Todos los potenciales efectos mencionados antes deben ser investigados a futuro, si es que por algún motivo no es posible eliminar a los organismos actualmente presentes, o bien evitar reclutamientos futuros de organismos diploides de *C. gigas*. Ello lleva a sugerir que la Reserva incorpore en su Programa de Manejo la realización de un monitoreo anual en sitios de sustrato duro, para poder implementar acciones de detección temprana y respuesta rápida en caso de que el problema se mantenga o se registre en otras zonas.

5 CONCLUSIONES

Los sistemas de cultivo establecidos en la Laguna Ojo de Liebre son de uso común en todo el país, aunque cada productor ha adoptado distintos métodos, según sus necesidades y opiniones personales. Desafortunadamente, estos sistemas no pueden lograr la contención de los gametos de *C. gigas* en caso de ser producidos por los adultos, de ahí la importancia del uso de semilla triploide para el cultivo de la especie. El uso de organismos diploides en dichos cultivos podría estar explicando los resultados presentados en PNUD México (2019), en donde se confirmó la presencia de ejemplares de vida libre de ostión japonés (*Crassostrea gigas*) en diversos sitios de fondo rocoso en la Laguna Ojo de Liebre, los cuales

presentan gónadas en reproducción activa, por lo que deben ser del tipo diploide. Por tal motivo, el peligro de invasión formal y establecimiento de poblaciones de esta especie son muy elevados. Por lo anterior, se ofrecen como opciones más viables el que se regule por medios legales la venta de larvas y semillas diploides para evitar que sean introducidas en la Reserva, o bien, que si los productores no están de acuerdo en aceptar dicha regla, que se lleven a cabo programas anuales o bianuales de pesca y extracción de los organismos que han colonizado los sustratos duros de la laguna. Finalmente, consultando con residentes de sitios adyacentes a la Laguna Ojo de Liebre, se determinó que no existe evidencia de que el ostión japonés ya ocupe sitios rocosos de dichas zonas. No obstante, debe instalarse un programa de manejo del ostión en la REBIVI para disminuir o eliminar este peligro, el cual incluya un sistema de detección temprana y respuesta rápida en el caso de detectar organismos de vida libre y promueva los mejores mecanismos que facilite la participación activa de los productores.

6 REFERENCIAS

- Aguirre-Muñoz, A., Buddemeier, R. W., Camacho-Ibar, V., Carriquiry, J. D., Ibarra-Obando, S. E., Massey, B. W. & Wulff, F.** 2001. Sustainability of coastal resource use in San Quintin, Mexico. *AMBIO*, 30: 142-149.
- Avilés-Quevedo, S. & Vázquez-Hurtado, M.** 2006. Fortalezas y debilidades de la acuicultura en México. In: Guzmán-Amaya, P. & Fuentes-Castellanos, D.F. (Compiladores). Pesca, acuicultura e investigación en México. Comisión de Pesca de la Cámara de Diputados LIX Legislatura, México. 69-86 p. ISBN: ISBN 970-9764-05-5
- Barraza-Guardado, R. H., Chávez-Villalba, J., Atilano-Silva, H. & Hoyos-Chairez, F.** 2008. Seasonal variation in the condition index of Pacific oyster postlarvae (*Crassostrea gigas*) in a land-based nursery in Sonora, Mexico. *Aquaculture Research*, 40(1), 118-128.
- Bastida-Zavala, J. R., de León-González, J. A., Carballo-Cenizo J. L. & Moreno-Dávila, B.** 2014. Invertebrados bénticos exóticos: esponjas, poliquetos y ascidias. In: Mendoza, R & Koleff, P. (Eds.). *Especies acuáticas invasoras en México*. CONABIO, México. 317-326 p. ISBN: 978-607-8328-04-8.
- Cáceres-Martínez, J., Ortega, M. G., Vázquez-Yeomans, R., García, T. D. J. P., Stokes, N. A., & Carnegie, R. B.** 2012. Natural and cultured populations of the mangrove oyster *Saccostrea palmula* from Sinaloa, Mexico, infected by *Perkinsus marinus*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 110: 321-325.
- Cáceres-Martínez, J., Madero-López, L. H., Padilla-Lardizábal, G., & Vázquez-Yeomans, R.** 2016. Epizootiology of *Perkinsus marinus*, parasite of the pleasure oyster *Crassostrea corteziensis*, in the Pacific coast of Mexico. *Journal of Invertebrate Pathology*, 139: 12-18.
- Camara M. D., Davis J. P., Sekino M., Hedgecock D., Li G., Langdon C. J. & Evans A. S.** 2008. The Kumamoto oyster *Crassostrea sikamea* is neither rare nor threatened by hybridization in the Northern Ariake sea, Japan. *Journal of Shellfish Research*, 27: 31-322.
- Cardoso, J. F., Langlet, D., Loff, J. F., Martins, A. R., Witte, J. I., Santos, P. T. & van der Veer, H. W.** 2007. Spatial variability in growth and reproduction of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) along the west European coast. *Journal of Sea Research*, 57: 303-315.
- Carrasco, M. F. & Barón, P. J.** 2010. Analysis of the potential geographic range of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) based on surface seawater temperature satellite data and climate charts: the coast of South America as a study case. *Biological Invasions*, 12: 2597-2607.

- Chávez-Villalba, J.** 2014. Cultivo de ostión *Crassostrea gigas*: Análisis de 40 años de actividades en México. *Hidrobiológica*, 24: 175-190.
- Chávez-Villalba, J., Villelas-Ávila, R. & Cáceres-Martínez, C.** 2007. Reproduction, condition and mortality of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg) in Sonora, México. *Aquaculture Research*, 38: 268-278.
- Cohen, A. N., & Zabin, C. J.** 2009. Oyster shells as vectors for exotic organisms. *Journal of Shellfish Research*, 28: 163-168.
- Enríquez-Espinoza, T. L., Grijalva-Chon, J. M., Castro-Longoria, R., & Ramos-Paredes, J.** 2010. *Perkinsus marinus* in *Crassostrea gigas* in the Gulf of California. *Diseases of Aquatic Organisms*, 89: 269-273.
- Enríquez-Espinoza, T. L., Castro-Longoria, R., Mendoza-Cano, F., & Grijalva-Chon, J. M.** 2015. *Perkinsus marinus* en *Crassostrea gigas* y *Chione fluctifraga* de Bahía de Kino, Sonora, México. *Biotecnia*, 17: 10-13.
- Garnier-Géré, P. H., Naciri-Graven, Y., Bougrier, S., Magoulas, A., Héral, M., Kotoulas, G. & Gérard, A.** 2002. Influences of triploidy, parentage and genetic diversity on growth of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* reared in contrasting natural environments. *Molecular Ecology*, 11: 1499-1514.
- Goedknegt, M. A., Schuster, A. K., Buschbaum, C., Gergs, R., Jung, A. S., Luttkhuizen, P. C., van der Meer, J., Troost, K., Wegner, K. M. & Thieltges, D. W.** 2017. Spillover but no spillback of two invasive parasitic copepods from invasive Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) to native bivalve hosts. *Biological invasions*, 19: 365-379.
- Gullian-Klanian, M., Herrera-Silveira, J. A., Rodríguez-Canul, R., & Aguirre-Macedo, L.** 2008. Factors associated with the prevalence of *Perkinsus marinus* in *Crassostrea virginica* from the southern Gulf of Mexico. *Diseases of Aquatic Organisms*, 79: 237-247.
- Herbert, R. J., Humphreys, J., Davies, C. J., Roberts, C., Fletcher, S. & Crowe, T. P.** 2016. Ecological impacts of non-native Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) and management measures for protected areas in Europe. *Biodiversity & Conservation*. 25: 2835-2865.
- Instituto Nacional de Ecología (INE).** 2000. Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno. México, D.F. 242 p.
- Luna-González, A., De Jesús Romero-Geraldo, M., Campa-Córdova, Á., Orduña-Rojas, J., Valles-Jiménez, R. & Ruíz-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*, 39: 1488-1497.
- 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.
- Mazón, S.J.M.** 1996. Cultivo del ostión japonés *Crassostrea gigas*. In: Casas, V.; Ponce, D.G., (eds.). *Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur*. Baja California Sur, México. 625-650 p.
- Pérez-Enríquez, R., Ávila, S. & Ibarra, A.M.** 2008. Genética poblacional del ostión de placer *Crassostrea corteziensis* en el Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 34(4), 479-490.
- PNUD México (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo).** 2019. Detección de poblaciones establecidas de ostión japonés. Servicio de consultoría para evaluar la situación actual del ostión japonés en la zona marina de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno. Proyecto 00089333 “Aumentar las Capacidades Nacionales para el Manejo de las Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional de EEI”. Reyes Bonilla, H., E. Balart Paez & M. A. Ojeda Ruiz de la Peña. Laboratorio de Sistemas Arrecifales, UABCS, La Paz, Baja California Sur, México. 25 pp.
- PNUD México (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo).** 2019b. Confirmación de la identidad de los ejemplares de ostión japonés recolectados en la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno y revisión de su estado reproductivo. Servicio de consultoría para evaluar la situación actual del ostión japonés en la zona marina de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno. Proyecto GEF 00089333 “Aumentar las Capacidades Nacionales para el Manejo de las Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional de EEI”. Reyes Bonilla, H., E. Balart Paez & M. A. Ojeda Ruiz de la Peña. Laboratorio de Sistemas Arrecifales, UABCS, La Paz, Baja California Sur, México. 15 pp.
- Robles, M.M. & O.D. Salinas.** 1993. Producción de larvas. In: López, E.A.; Cáceres, M.C.; Hoyos, C.F.; Rivera, Z.J.; Valdez, P.J.; Salinas, O.D.; Robles, M.M.; Serrano, G.S., (eds.). *Manual del II Curso de Cultivo Integral de Ostión Japonés (Crassostrea gigas)*. Bahía de Kino, Sonora, México: Sección 3. 17-23
- Soniat, T. M., Klinck, J. M., Powell, E. N., & Hofmann, E. E.** 2006. Understanding the success and failure of oyster populations: climatic cycles and *Perkinsus marinus*. *Journal of Shellfish Research*, 25: 83-94.
- 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-CONAPESCA). Ensenada. 36 p.
- Tovar-Hernández, M. A., Yáñez-Rivera, B., Villalobos-Guerrero, T. F., Aguilar-Camacho, J. M. & Ramírez-Santana, I. D.** 2014. Invertebrados marinos exóticos en el Golfo de California. In: Low Pfeng, A., Quijón, P. A. & Peters Recagno, E. M. (eds.). *Especies*

invasoras acuáticas: Casos de estudio en ecosistemas de México. SEMARNAT, INECC, Prince Edward Island, México. 381-410 p. ISBN: 978-1-304-90189-7.

Troost, K. 2010. Causes and effects of a highly successful marine invasion: case-study of the introduced Pacific oyster *Crassostrea gigas* in continental NW European estuaries. *Journal of Sea Research*, 64(3): 145-165.

Villanueva-Fonseca, L.C., & Escobedo-Bonilla, C. M. 2013. Prevalencia del protozooario *Perkinsus* sp. en un cultivo de ostión japonés *Crassostrea gigas* en Sinaloa, México. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 41(5): 996-1002.

Zhang, Y., Wang, Z., Yan, X., Yu, R., Kong, J., Liu, J., & Guo, X. 2012. Laboratory hybridization between two oysters: *Crassostrea gigas* and *Crassostrea hongkongensis*. *Journal of Shellfish Research*, 31: 619-625.