

UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

DIVERSIDAD Y DISTRIBUCION ESPACIO TEMPORAL DE LA FAUNA
INCRUSTANTE ASOCIADA A *Crassostrea gigas* CULTIVADO EN EL ESTERO LA
CRUZ Y BAHIA ESTELA, SONORA



TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN BIOLOGÍA
CON OPCIÓN EN ECOLOGÍA MARINA

PRESENTA:

CRISTINA ISABEL TEJADA SANTIAGO

Repositorio Institucional UNISON



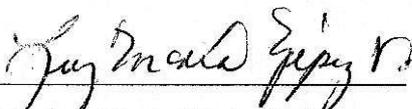
**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

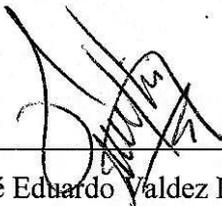
FORMATO DE APROBACIÓN

Los miembros del Comité de Tesis designado para revisar la Tesis de Cristina Isabel Tejada Santiago la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito para obtener el Título de Licenciado en Biología con Opción en Ecología Marina.



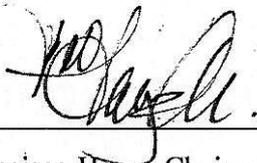
M.C. Luz Maria Yépiz Velázquez

Director de Tesis



Dr. José Eduardo Valdez Holguín

Sinodal Secretario



M.C. Francisco Hoyos Chaires

Sinodal



Dr. José Antonio López Elías

Suplente

DEDICATORIA

Le dedico esta tesis a mis padres, Beatriz y José Ángel, que con todos los recursos me apoyaron para llegar hasta el final.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Sonora, al Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora y a la Licenciatura en Biología por permitirme llegar hasta el final con las bases necesarias para desarrollarme como investigadora.

Le doy gracias a mis padres por brindarme el apoyo para la realización de este proyecto, también por su paciencia y cariño. A mis tíos José, Martha y Humberto les doy gracias por sus palabras de aliento y palmadas en la espalda que me levantaron el ánimo cuando mas lo necesité.

A mi comité de tesis, conformado por la M. en C. Luz María Yépiz Velázquez, el Dr. Eduardo Valdez Holguín, el Dr. Antonio López Elías y el M en C Francisco Hoyos Chairez; que siempre estuvieron al pendiente de mis avances y encarrilándome cuando me salía del camino. Un agradecimiento especial a mi directora de tesis, M. en C. Luz María Yépiz Velázquez, gracias a usted crecí como persona y profesional.

Al personal del CREMES, por brindarme los módulos y los cultivos que fueron la base de esta tesis. Muchas gracias, M. en C. Francisco Hoyos Chairez, Víctor y Pedro por su apoyo durante los muestreos.

A los técnicos Adolfo Bustamante y Javier Quintero por su apoyo durante los muestreos.

A mis amigos que estuvieron conmigo desde el principio. Gracias por estar ahí para apoyarme Adolfo, Fernanda, Ericka, Carolina, Altaire, Iliana, Alma, Elizia, José Luis e Hiram.

CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	5
III. JUSTIFICACIÓN	11
IV. OBJETIVOS	12
IV.1. Objetivo General	12
IV.1.1. Objetivos particulares	12
V. HIPÓTESIS	13
VI. METODOLOGÍA	14
VI.1. Descripción del Área de Estudio	14
VI.1.1. Estero La Cruz	14
VI.1.2. Bahía Estela	15
VI.2. Obtención de Organismos	15
VI.3. Trabajo de Campo	16
VI.4. Trabajo de Laboratorio	17
VI.4.1. Ostiones muertos	18
VI.5. Análisis de Datos	19
VII. RESULTADOS	20
VII.1. Parámetros	20
VII.1.1. Temperatura y salinidad	20
VII.1.2. Clorofila <i>a</i>	21
VII.2. Especies Incrustantes	21
VII.2.1. Coeficiente de Sørensen	23
VII.3. Porcentaje de Cobertura Total Ocupada por Fauna Incrustante	24
VII.3.1. Porcentaje total de cobertura ocupado por balanos	24
VII.3.2. Porcentaje de cobertura total ocupado por Ascidiias	25
VII.3.3. Porcentaje de cobertura total ocupado por anemonas	27
VII.3.4. Porcentaje de cobertura total ocupado por Briozoos/Madrigueras de anfipodos	28
VII.4. Distribución de la fauna incrustante en ostiones vivos	28
VIII. DISCUSIÓN	31
IX. CONCLUSIONES	34
X. LITERATURA CITADA	34

LISTA DE TABLAS

Tabla I	Listado de especies presentes en los módulos de ostiones vivos y control en el Estero La Cruz (ELC) en Bahía de Kino.	21
Tabla II	Listado de especies presentes en los módulos de ostiones vivos y control en Bahía Estela (BE), Bahía de Kino.	21

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Esquema de <i>Crassostrea gigas</i> tomado de FAO 2008.	6
Figura 2	Principales países productores de <i>Cassostrea gigas</i> . Tomado de Estadísticas de Pesca, FAO 2006.	7
Figura 3	Áreas de estudio, Bahía Estela y Estero La Cruz.	14
Figura 4	a) Posición de las cestas ostrícolas en Bahía Estela. “X” representa la posición de las líneas para las cestas de cultivo. b) Posición de las cestas ostrícolas en El Estero La Cruz. “X” representa la posición para las líneas de cultivo	16
Figura 5	Comportamiento de la temperatura y la salinidad promedio durante los meses de muestreo en el Estero La Cruz y Bahía Estela, siendo (T) temperatura y (S) salinidad.	20
Figura 6	Clorofila <i>a</i> (mg m^{-3}) registrada durante los muestreos en el Estero La Cruz y Bahía Estela.	21
Figura 7	Comportamiento del coeficiente de Sørensen durante el muestreo comprendido de noviembre del 2010 a mayo del 2011.	22
Figura 8	Porcentaje de cobertura total ocupada por fauna incrustante en los ostiones vivos y ostiones del modulo control en (a)El Estero La Cruz (ELC) y (b)Bahía Estela (BE)	25
Figura 9	Porcentaje de cobertura total ocupada por <i>B. amphitrite</i> en los módulos del Estero La Cruz (a) y Bahía Estela (b).	27
Figura 10	Porcentaje de cobertura total ocupada por <i>Eudistoma</i> sp y <i>Aplidium californicum</i> en los módulos de: (a)Estero La Cruz y (b)Bahía Estela	29
Figura 11	Porcentaje de cobertura total ocupada por <i>Diadumene</i> sp en los módulos del Estero La Cruz.	30
Figura 12	Porcentaje de cobertura total ocupado por <i>Scrupocellaria</i> /madrigueras de anfípodo en Bahía Estela.	31

RESUMEN

Se realizó un estudio de la diversidad y porcentaje de cobertura de las comunidades de fauna incrustante asociada a cultivos de ostión japonés *Crassostrea gigas* situados en el Estero La Cruz y Bahía Estela, en Bahía de Kino, Sonora. Los organismos y el sistema de cultivo fueron otorgados por el CREMES. Los sistemas de cultivo de ostión son ideales para el estudio de las comunidades de fauna incrustante ya que la mayoría de los objetos sumergidos en un ambiente acuoso rápidamente se ven cubiertos por una película de macro y microorganismos conocida como Biofouling. Estos objetos, generalmente fabricados por el hombre, brindan un sustrato más para organismos sésiles y un depósito para sedimentos marinos. El objetivo de este trabajo fue identificar la fauna asociada a la producción de *C. gigas* en el Estero La Cruz, y Bahía Estela en Bahía de Kino, Sonora, México durante el período de engorda comprendido de octubre 2010 a mayo 2011. Se tomaron muestras mensuales de los cultivos, extrayendo 60 ostiones vivos de los módulos. También se incluyó un modulo control que consistió en solo valvas de ostiones muertos en cada área de muestreo con la intención de comprobar si el sustrato vivo hace alguna diferencia en la estructura del biofouling. Se midió la similitud entre las comunidades con el índice de Sørensen y el porcentaje de cobertura se obtuvo en base al área del ostión y el área ocupada por fauna incrustante. En el Estero La Cruz el porcentaje de cobertura fue dominado por el balano *Balanus amphitrite* durante los siete meses de muestreo, mientras que en Bahía Estela una combinación de Briozoarios/madrigueras de anfípodos presento el mayor porcentaje de cobertura. Las variables ambientales y el cambio estacional influyeron en gran medida en la intensidad y composición del biofouling en ambos sitios de muestreo.

I. INTRODUCCIÓN

La mayoría de los objetos sumergidos en un ambiente acuoso rápidamente se ven cubiertos por una película de macro y microorganismos conocida como Biofouling. Estos objetos, generalmente fabricados por el hombre, brindan un sustrato más para organismos sésiles y un depósito para sedimentos marinos (Ista y López, 1998).

La alta densidad y viscosidad del agua afecta a las formas de vida sésiles, de ahí que un sustrato sólido se convierta en un recurso limitante en el medio marino, por lo que surge la competencia por sustratos para asentarse lo que genera un modo de vida bastante común en el bentos denominada epibiosis (Wahl, 2009).

Wahl (2009) sugiere que la epibiosis es la asociación especial entre el “organismo sustrato” (basibionte) y el organismo sésil (epibionte), que se fija a la superficie del basibionte sin depender tróficamente de este.

El proceso de Biofouling conlleva tres fases principales: absorción de moléculas orgánicas, colonización de procariontas y eucariontas, y finalmente el reclutamiento de larvas de invertebrados y esporas de algas. Estas fases pueden traslaparse entre sí, ocurrir a modo de sucesión o incluso de forma paralela (Dobretsov, 2009).

Esta secuencia a su vez se ve afectada por un gradiente de disponibilidad y tiempo de reacción de los diferentes grupos colonizadores: las macromoléculas que siempre están presentes y reaccionan rápidamente; los eucariontes y protistas en la columna de agua que siguen ciclos estacionales y reaccionan más lento en aguas frías, pero hay algunas colonizaciones heterotróficas microbianas que ocurren en cualquier época del año; las formas unicelulares autótrofas, así como larvas y esporas macroalgales que colonizan muy poco durante el invierno (Wahl, 2009; Guo et al., 2010).

Como se mencionó anteriormente, la colonización es solo la primera de las tres fases del Biofouling. La dinámica de las comunidades epibióticas continúa con las relaciones directas e indirectas entre el huésped y su anfitrión, aparte de los cambios constantes en las condiciones ambientales.

Los colonizadores multicelulares producen metabolitos moduladores del fouling, que afecta el comportamiento de asentamiento de organismos de su especie o de otras (Railkin, 2004), también modifican la estructura tridimensional del sustrato. Diferentes escalas de rugosidad son favorables para diferentes especies de colonizadores (Bourget y Harvey, 1998; Wahl y Hoppe, 2002). Por citar un ejemplo, los percebes y los poliquetos de tubo se facilitan

el reclutamiento entre sí gracias a la estructura de sus colonias; las larvas de mejillón prefieren asentarse en estructuras filamentosas que generalmente proveen ciertos biofilms (Flemming, 2009).

La absorción molecular engloba las propiedades fisicoquímicas del sustrato que conlleva a la acumulación de energía en la interface que la hace atractiva para las bacterias. Las propiedades fisicoquímicas de los biofilms tienen la capacidad de atraer o repeler micro o macrocolonizadores. El asentamiento de epibiontes (en su mayoría multicelulares) puede ser inducido o inhibido por la presencia de actividad bacteriana del biofilm. El patrón de asentamiento bacteriano es específico en cada cepa, y la respuesta de los macrocolonizadores responde a especies bacterianas en específico (Gherart, 1998; Railkin, 2004).

Sin embargo, en muchos biofilms menos del 20% de las colonias bacterianas presentan actividad moderadora de epibiosis; por lo tanto, el efecto más común de los biofilms en el sustrato inerte es el de facilitar la fijación de organismos sobre una superficie. No obstante, generalizar el efecto de los biofilms sobre el asentamiento de colonizadores es difícil debido a que las interacciones entre estos es altamente influenciado por las condiciones del medio (Dobretsov, 2009). Otro factor a tomar en cuenta para la formación de biofilms es la humectabilidad de una superficie. Varios estudios han reportado que la humectabilidad tiene bastante influencia en las preferencias de asentamiento para un organismo incrustante, ya sea en un basibionte o sustrato artificial. Tal vez no aplique para todos los epibiontes, pero en la mayoría de los casos los organismos prefieren las superficies hidrofóbicas a las hidrofílicas (Becker et al., 2000).

La mayoría de las interacciones entre un organismo acuático y su ambiente abiótico y biótico están ligadas a una serie de propiedades donde hay un intercambio de gases, nutrientes disueltos que son ingeridos o excretados, luz absorbida, entre otras propiedades físicas y químicas; estas propiedades determinan la relación entre un organismo basibionte y su invasor. También, que tan fuertes son los efectos del biofouling, las relaciones interespecíficas y la intensidad de la colonización de otros organismos (Railkin, 2006)

Los epibiontes y basibiontes se benefician del biofouling en diferente medida. Los epibiontes adquieren un refugio y/o sustrato para asentarse y pueden aprovechar como alimento los nutrientes desechados por el basibionte; mientras que los basibiontes también obtienen beneficios de los epibiontes como el camuflaje, protección, nutrientes, reducción de la erosión y aumento de la resistencia a la desecación (Govaere et al., 1980).

El biofouling también puede presentar ciertas desventajas para estos organismos. Un sustrato inestable con una expectativa de vida limitada, emisión de toxinas, segregación de

moco, la exposición a cambios bruscos de variables ambientales (cuando el basibionte es móvil), y la muda de exoesqueleto o valvas son los principales problemas a los que se ven expuestos los epibiontes (Khalaman y Komendantov, 2007). Los basibiontes lidian con el incremento de peso, daño mecánico, daño químico, la competencia por nutrientes con los epibiontes y el aumento de la susceptibilidad a la depredación (Railkin, 2004; Minchin, 2006).

En especies sedentarias que generan conchas, tubos o mantos minerales (bivalvos, poliquetos, percebes e incluso tunicados) la tendencia a ser invadidos es mayor, y generalmente tienen más tolerancia al proceso de colonización siempre y cuando sus orificios corporales se mantengan despejados (Wahl, 1989).

Los ostiones proveen una importante función ecológica al filtrar los sedimentos de la columna de agua, aumentando la claridad de esta y removiendo nutrientes que no han sido metabolizados por la flora; además los arrecifes de ostiones son la principal fuente de sustrato sólido en fondos arenosos de bahías y estuarios (Marenghi et al., 2010).

Las principales consecuencias del biofouling en el cultivo de bivalvos son: (1) Reducción del flujo de agua a través de las unidades de cultivo, lo que disminuye la disponibilidad de nutrientes; (2) Incremento de la competencia por alimento con organismos filtradores; (3) Reducción de los niveles de oxígeno, lo que podría afectar el crecimiento; (4) Desgaste en el equipo de cultivo por el peso extra de los organismos adheridos (Pit y Southgate, 2003; Wahl, 2009). En el caso de los ostiones cultivados para perlas (*Pinctada* sp.) el biofouling afecta la sobrevivencia de los animales y el tamaño de las perlas (Lodeira et al., 2002).

Los ostiones de talla comercial y económicamente importantes son más afectados por depredadores como moluscos y crustáceos que invaden las cajas de cultivo (Pit y Southgate, 2003). Se ha observado que los ostiones criados en camas tanto en el medio natural o en cultivos, son más propensos a verse afectados por biofouling puesto que atraen más depredadores como el caracol taladro de ostras del Atlántico (*Urosalpinx cinérea*), que si bien en la mayoría de los casos no mata al ostión en un solo ataque su presencia aumenta los índices de mortalidad al incrementar el estrés en estos bivalvos (Ford et al., 2006).

Crassostrea gigas se ha establecido como una especie con una amplia distribución de poblaciones naturales en la mayoría de los países donde se ha introducido para acuicultura, principalmente por su resistencia a un amplio rango de temperaturas que va de los 0 a 15°C en invierno y hasta 29°C en verano (Carrasco y Baron, 2010). Aun cuando el impacto ecológico en especies nativas y en el ecosistema han sido estudiadas, en décadas recientes *C. gigas* ha sido introducido en aguas costeras de todo el mundo (Shatkin et al., 1997; Molnar et al.,

2008). Al contar con rangos de distribución tan amplios, el ostión del pacífico es una especie comercialmente apreciada que se ha introducido en varias regiones como un sustituto para proteger a los ostiones nativos de la sobreexplotación (Carrasco y Baron, 2010). Sin embargo, también es afectado por el biofouling lo que ocasiona grandes pérdidas económicas para los cultivos de ostión.

II. ANTECEDENTES

II.1. Taxonomía de *Crassostrea gigas*

Reino: Animalia

Phylum: Mollusca

Clase: Bivalvia

Orden: Ostreoida

Familia: Ostreidae

Género: *Crassostrea*

Especie: *gigas*

II.2 Descripción de *Crassostrea gigas*

Las valvas son irregulares, extremadamente rugosas y laminadas; la valva izquierda (inferior) es profundamente cóncava con lados algunas veces casi verticales; la valva derecha (superior) es plana o ligeramente convexa apoyándose dentro de la izquierda; los lados son desiguales, con picos y umbos protuberantes, tendiendo a ser oblongas pero son muy distorsionadas e irregulares (Figura 1). La forma de la concha varía con el medio ambiente. El color suele ser blanquecino con estrías moradas y puntos que radian del umbo. El interior de la concha es blanco, con un solo músculo que algunas veces es oscuro, pero nunca negro (FAO, 2008).

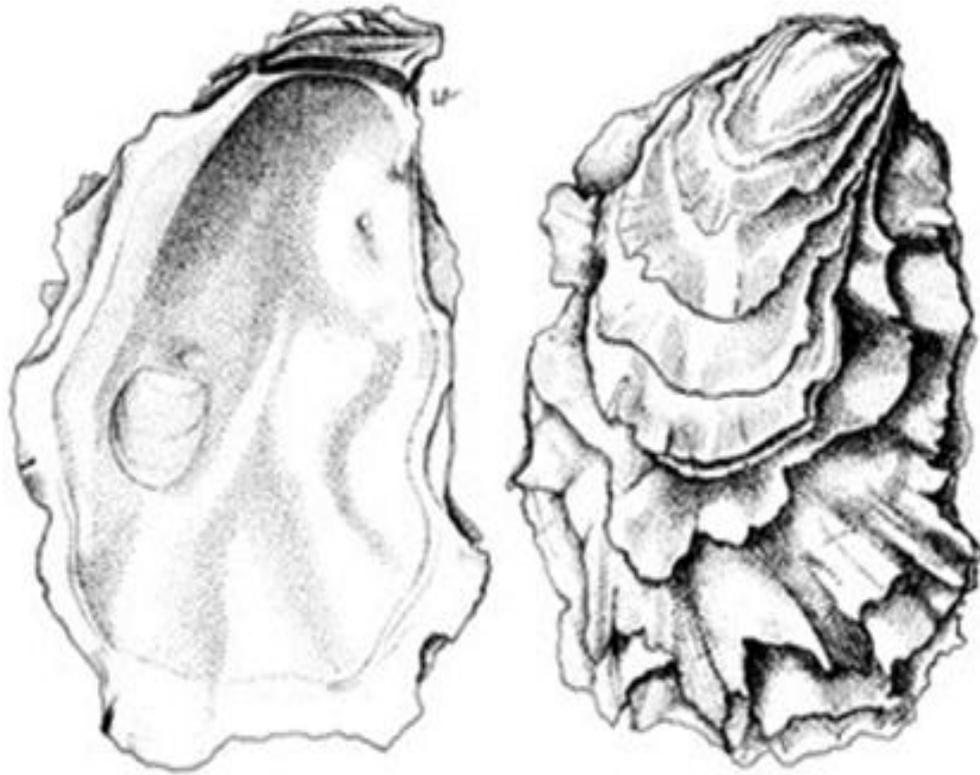


Figura 1. Esquema de *Crassostrea gigas* tomado de FAO, 2008.

El cultivo de *Crassostrea gigas* data de hace más de 400 años en Japón (Akashige, 2005) y gracias a su rápido crecimiento y gran tolerancia a las condiciones ambientales, el ostión japonés ha sido elegido para cultivarse en diversas regiones del mundo (Figura 2). La globalización del cultivo de ostión japonés comenzó en los Estados Unidos de América a partir de la década de los 20, y en Francia desde 1966 (Kan-no y Hayashi, 1971). Las diversas introducciones de ostión japonés han obedecido a la intención de remplazar poblaciones nativas de ostión seriamente diezmadas por sobrexplotación, por enfermedades o simplemente para crear una nueva industria acuícola. La lista de especies introducidas está incompleta y puede no incluir introducción accidental efectuada por medio de la actividad naviera global; es decir por larvas transportadas en agua de balastre o por adultos adheridos al casco de los barcos (Hewitt et al., 2009). También se han registrado introducciones extensivas, a pequeña escala o indocumentadas de país a país.



Figura 2. Principales países productores de *Cassostrea gigas*. Tomado de Estadísticas de Pesca, FAO 2006.

Los métodos históricos de cultivo extensivo, apoyados por la captura de semillas y transporte hacia áreas productivas, han evolucionado hasta incluir una gran variedad de cultivo suspendido y métodos de fondo, utilizando tanto semillas silvestres como producida en laboratorio. Los desarrollos recientes incluyen la producción de semilla triploide en incubadoras y programas de selección que se enfocan en la producción de semillas de rápido crecimiento y de mayor calidad adecuada a condiciones particulares (Helm y Bourne, 2004; Sarkis, 2007).

Los sistemas de cultivo de ostión japonés varían de región a región y a las posibilidades económicas del productor (Sarkis, 2007). Entre los más económicos está el sistema de cultivo en estacas, que consiste en clavar al sustrato estacas de madera o PVC que en la punta tienen clavada una valva vacía o algún objeto de superficie plana para dejar que los ostiones juveniles se fijen y comenzar el período de engorda. Este método es ideal para lagunas costeras donde la profundidad es demasiado baja para el sistema de balsas y el oleaje es nulo. Su mayor desventaja es que la producción es bastante deficiente (Quayle, 1980).

Los sistemas de balsas y estantes en línea (long line raft, long line rack) (Figura 3) son sistemas de cultivo suspendido comunes en lagunas costeras (Lodeiros et al., 2006), son más productivos y seguros que el sistema de estacas (Akashige, 2005).

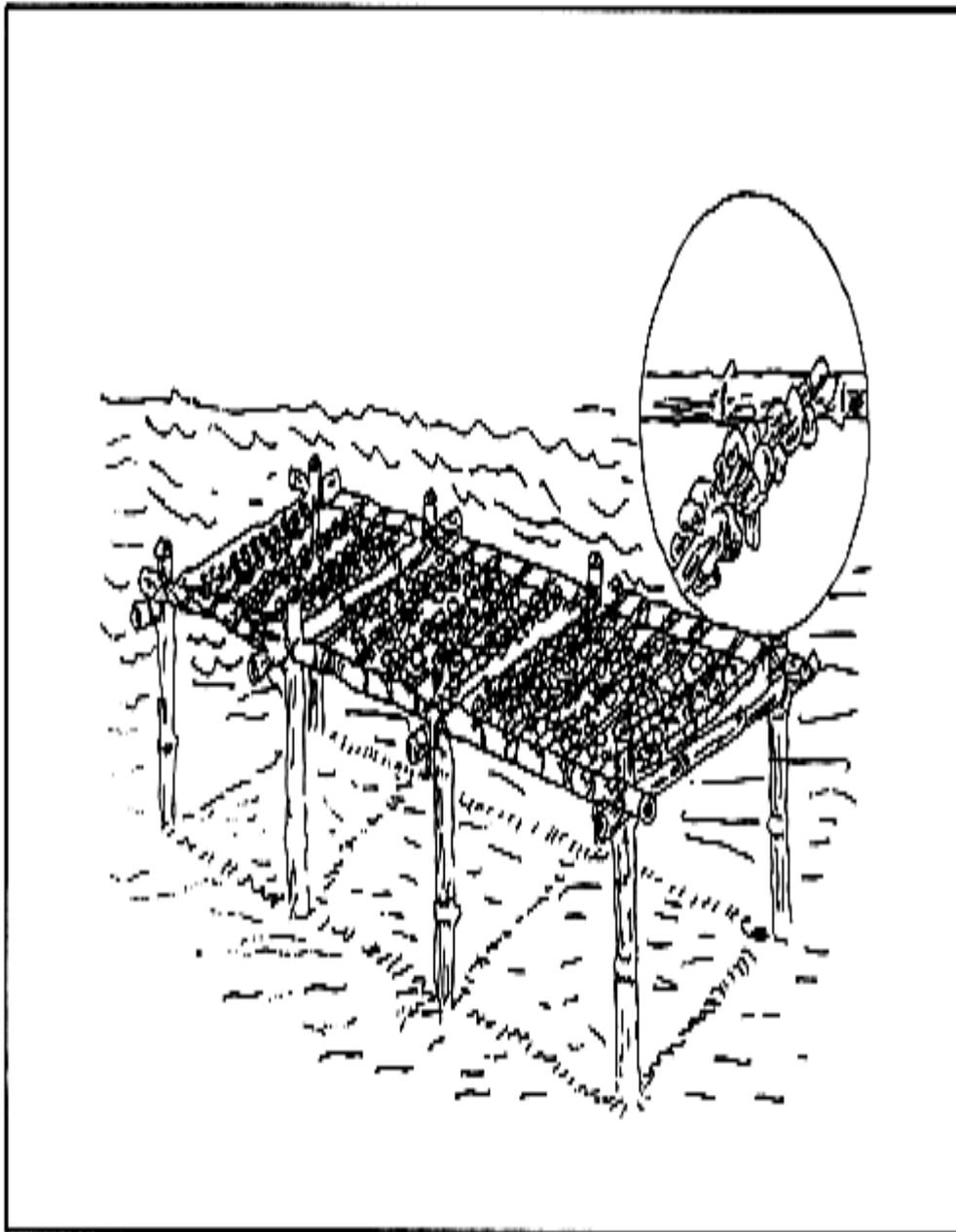


Figura 3. Diagrama del sistema de estantes en línea. Tomado de la FAO, 2012.

El sistema de balsa consiste en una estructura de madera, con flotadores de polietileno o barriles metálicos. De los marcos de la estructura se suspenden cuerdas a las que se han fijado ostiones juveniles en cúmulos. El sistema de estantes también utiliza cuerdas para mantener a los ostiones suspendidos, con la diferencia de que su estructura es una serie de postes de madera clavados en el sustrato, y generalmente miden de 1.20 a 1.40 m de altura (Kanno y Hayashi, 1971).

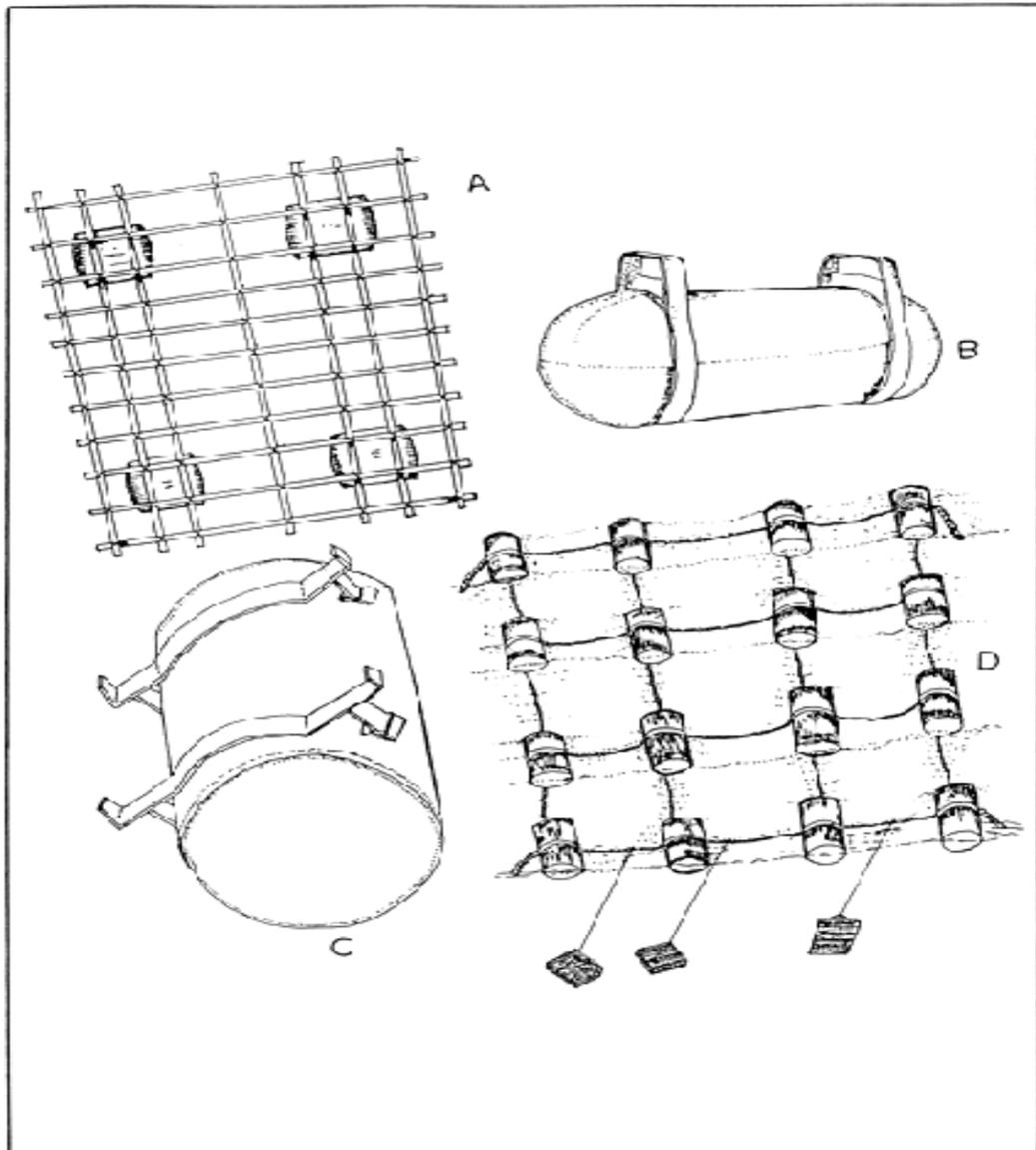


Figura 4. Diagrama del sistema de balsa. Tomado de la FAO, 2012.

El sistema de charolas suspendidas (Figura 5), que consiste en cajas ostrícolas ensambladas una sobre otra y amarradas a una línea madre que las mantiene suspendidas sobre la columna de agua, es por excelencia el método más productivo para el cultivo de ostión (Akashige, 2005). Supera en rendimiento al sistema de estantes gracias a que los ostiones no sufren limitaciones de espacio, si la densidad de juveniles no es demasiado alta para el área total de la caja. Al mantener los ostiones dentro de cajas estos son protegidos de la mayoría de los depredadores, pero aun así el biofouling es una problemática persistente tanto en este sistema como en los anteriores (Lodeiros et al., 2006).



Figura 5. Sistema de charolas suspendidas, apiladas en módulos y atadas a una línea madre.

La introducción del cultivo de *C. gigas* a costas latinoamericanas inició a mediados de la década de 1970 y la producción media oscilaba entre 200 y 1000 toneladas anuales, pero gracias a la investigación y las capacidades adaptativas de esta especie en el 2005 se reportaron producciones de hasta 130 000 toneladas (Uriarte et al., 2007).

Actualmente, Chile ocupa el cuarto lugar a nivel mundial en la producción acuícola de bivalvos y México se encuentra en la cuarta posición en Latinoamérica (Maeda, 2008; Uriarte, 2008). En México, los principales estados productores de bivalvos son: Sinaloa, Sonora, Baja California Norte y Baja California Sur (FAO, 2008).

Gracias a su amplio rango de distribución, resistencia a temperaturas variables y a cambios de condición constantes, *C. gigas* es un recurso acuícola bastante apreciado alrededor del mundo (Carrasco y Baron, 2010; Wrange et al., 2010), pero ya sea en ambientes estuarinos o en una bahía la invasión del biofouling a las cajas de cultivo es constante y la diversidad de especies incrustantes no siempre es correspondiente al hábitat donde se le ha encontrado, por ejemplo, en biofouling de ostiones cultivados en estuarios no es extraño encontrarse con especies que habitan en mar abierto y que fueron arrastradas al estero por las corrientes marinas, asentándose en las cajas de ostión como sustrato para sobrevivir y desarrollarse (Wasson et al., 2005). Aun así la posibilidad de encontrar fauna introducida o no nativa también es latente, gracias al alto tráfico de embarcaciones o las granjas acuícolas cercanas a las aéreas de cultivo de *C. gigas*.

En general, el biofouling es visto como un problema que causa pérdidas económicas puesto que afecta toda clase de estructuras marinas artificiales (embarcaciones, muelles, boyas) causando corrosión y desgaste, e incluso la introducción de nuevos organismos a un ecosistema. La acuicultura también se ve afectada por este fenómeno, en especial con el cultivo de especies en un ambiente no controlado. El crecimiento y la sobrevivencia de moluscos cultivados están influenciados por varios factores como: el tipo de cultivo, depredación, fauna invasiva y mantenimiento. Ciertamente, las decisiones tomadas por el acuicultor para el control de estos factores es regido altamente por los costos de operación y la proliferación de especies introducidas; generalmente se opta por limpiezas quincenales a las cajas para evitar la mortalidad masiva en los cultivos por falta de alimento, depredación o competencia (Figura 5) (Ista y Lopez 1998; Yan et al., 2000; Pit y Southgate 2003; Minchin, 2006).



Figura 6. Acercamiento al exterior de una charola de acuicultura invadida por balanos después de un mes sin limpieza.

Los daños ocasionados por el biofouling en el cultivo de bivalvos ya han sido ampliamente estudiados, siendo las principales: competencia por nutrientes, daño mecánico en las valvas, reducción de los niveles de oxígeno disuelto en agua y depredación, que generalmente reducen la tasa de crecimiento de estos moluscos e incluso causa mortalidades masivas en cultivos (Wahl, 1989; Ovsyannikova y Levenets, 2003; Villaroel et al., 2004; Zhenzia et al., 2008).

En Rusia, Japón, China, Chile y Venezuela los estudios sobre biofouling en el cultivo de bivalvos, principalmente mitílidos y ostras productoras de perlas, se han enfocado en el impacto ecológico y la diversidad de las especies incrustantes; revelando que la diversidad de la epifauna asociada al cultivo de bivalvos es fundamentalmente representada por balanos, poliquetos, poríferos y tunicados (Yan, et al., 2000; Railkin, 2004).

La intensidad del biofouling y la composición de sus comunidades puede variar de región a región, por ejemplo, en las regiones tropicales el biofouling es mas abundante que en aguas templadas. Esta diferencia se asocia con los fenómenos de surgencias y aguas nutritivas de las zonas tropicales, que promueven la producción y la diversidad de fauna y flora.

En general, el biofouling es visto como un problema que causa pérdidas económicas puesto que afecta toda clase de estructuras marinas artificiales (embarcaciones, muelles, boyas) causando corrosión y desgaste, e incluso la introducción de nuevos organismos a un ecosistema. La acuicultura también se ve afectada por este fenómeno, en especial con el cultivo de especies en un ambiente no controlado (Figura 6). El crecimiento y la sobrevivencia de moluscos cultivados están influenciados por varios factores como: el tipo de cultivo, depredación, fauna invasiva y mantenimiento. Ciertamente, las decisiones tomadas por el acuicultor para el control de estos factores es regido altamente por los costos de operación y la proliferación de especies introducidas; generalmente se opta por limpiezas quincenales a las cajas para evitar la mortalidad masiva en los cultivos por falta de alimento, depredación o competencia (Ista y Lopez 1998; Yan et al., 2000; Pit y Southgate 2003; Minchin, 2006).



Figura 7. Ostión japonés *Crassostrea gigas*, afectado por la colonización de *Balanus amphitrite* en El Estero La Cruz, Bahía de Kino.

En México, el biofouling se ha tratado como una problemática más en la acuicultura, contando apenas con unos cuantos estudios enfocados a la ecología del biofouling, especialmente en el cultivo de *C. gigas*. Como el realizado en San Quintín, Baja California por Inclan-Rivadeneira y Acosta-Ruiz (1989), que durante 6 meses observaron la influencia del macrofouling en un cultivo experimental de *C. gigas* en un sistema de balsas, comparando el desarrollo y calidad del ostión sometido a limpiezas mensuales con otro cultivo al que no se le removió la fauna incrustante. Al final del estudio se observó que la mayor parte de la biomasa de organismos incrustantes la aportó el tunicado *Botrylloides* sp., que segrega una toxina llamada tunicina producida en la matriz del mismo y es capaz de inhibir el asentamiento de otras especies sobre los ostiones; sin embargo, se observó que los anfípodos gammaridos se beneficiaron de la presencia de este tunicado al usar el espacio entre la base y la valva del ostión como refugio sin ser afectados por dicha toxina. Se observó comportamiento similar entre anfípodos y dos especies de macroalgas presentes en el cultivo. En cuanto al crecimiento y calidad del ostión los efectos del biofouling fueron negativos, ya que la talla de los ostiones sin recibir limpieza fue 12% menor a la de los ostiones que fueron limpiados.

Rodríguez e Ibarra-Obando (2008) realizaron un estudio de cobertura y colonización de fauna epibiótica en un cultivo de ostión japonés en la Bahía de San Quintín, B.C. México, como una respuesta a la información proporcionada por varios productores acerca de lo que se creía era una esponja invasiva e inusual, que resultó ser la ascidia *Microcosmus squamiger*. Los resultados del estudio rebelaron que la mayoría de las comunidades incrustantes estaban compuestas por ascidias, briozoarios y esponjas.

III. JUSTIFICACIÓN

El biofouling es un fenómeno común en los cultivos de bivalvos, en el que se pueden observar diferentes niveles de relaciones interespecíficas y al mismo tiempo observar la presencia de especies ajenas al ambiente en el que se han situado los cultivos. También, en México son pocos los trabajos enfocados a la identificación de especies asociadas al cultivo de *C. gigas*. En Sonora, el mantener un registro de especies invasivas es fundamental para obtener las bases adecuadas e implementar un sistema más eficiente para la prevención del biofouling en el manejo del cultivo de ostión.

IV. OBJETIVOS

VI.1. Objetivo General

Determinar la composición y el porcentaje de cobertura de las comunidades incrustantes asociadas al cultivo de *Crassostrea gigas* en Bahía de Kino, Sonora, México durante el período de engorda comprendido de octubre 2010 a mayo 2011

IV.2. Objetivos Particulares

- a) Identificar la fauna asociada a la producción de *C. gigas* en el Estero La Cruz, y Bahía Estela.
- b) Estimar la temperatura, salinidad, clorofila *a* del agua en los sitios de muestreo.
- c) Determinar la diversidad y abundancia de especies incrustantes en el ostión japonés *C. gigas* durante el período de engorda.
- d) Estimar el porcentaje de cobertura ocupado por especies incrustantes asociadas al cultivo de *C. gigas* durante el periodo de engorda.

V. HIPÓTESIS

Los sistemas de laguna costera son altamente productivos y funcionan como el refugio y el hábitat de muchos invertebrados bentónicos. Por otro lado, las comunidades de invertebrados son importantes por su biodiversidad, conservación de la salud del ecosistema y comprenden un papel importante en las redes alimenticias en el estero (MacFarlane y Booth, 2000). Aun así, la presencia de sustrato sólido es indispensable para el desarrollo de la mayoría de los invertebrados bentónicos, ya sea en su etapa larvaria o formas sésiles y los cultivos de ostión japonés *Crassostrea gigas* en el Estero La Cruz representan una gran oportunidad como refugio y alimento para la fauna y flora incrustante. Por lo tanto la abundancia y diversidad de fauna epibionte en el Estero La Cruz se verán influenciadas por el cambio constante de las condiciones climáticas. En ambientes como el de Bahía Estela (zona expuesta y rocosa) el sustrato sólido abunda, pero la fauna epibionte compete por asentarse en puntos estratégicos para protegerse de las corrientes y depredadores. La presencia del cultivo de *C. gigas* cumplirá un papel importante para la fauna incrustante de Bahía Estela al brindar una fuente alternativa de sustrato, y presentará mayor abundancia y diversidad de organismos que no cuenta con las estructuras adecuadas para resistir la fuerza del oleaje.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

VI. 1. Áreas de Estudio

Las áreas de estudio seleccionadas para la elaboración de este trabajo fueron Bahía Estela y el Estero La Cruz en Bahía de Kino, Sonora (Figura 7).

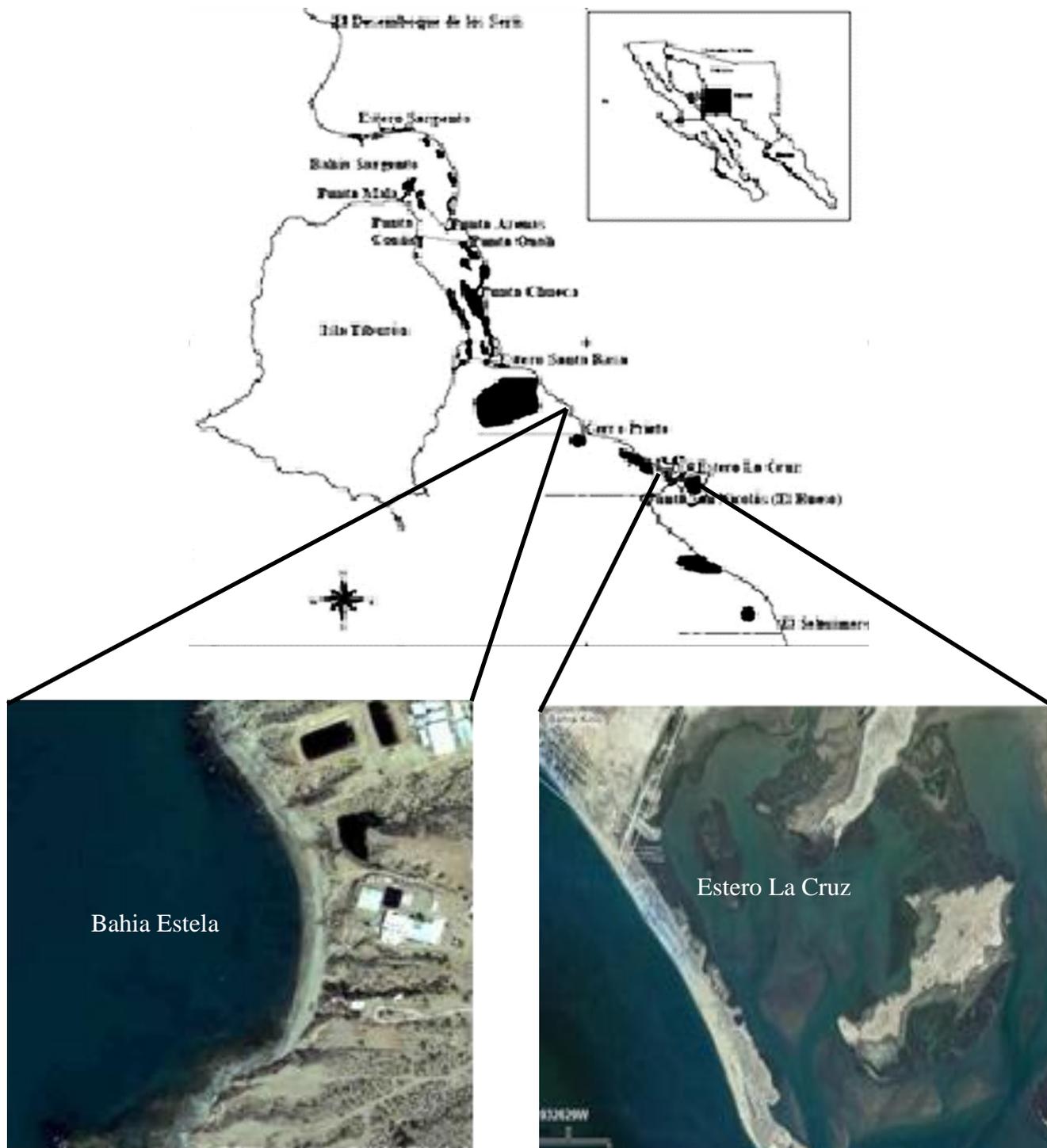


Figura 7. Áreas de estudio, Bahía Estela y Estero La Cruz, Sonora.

VI.1.1. Estero La Cruz

El Estero La Cruz, se ubica entre los 28° 58' y 29° 01' de latitud norte y los 112° 09' y 112° 10' de longitud oeste. Ésta situada aproximadamente a 110 km al Oeste de Hermosillo, Sonora, y a 3 km al suroeste del poblado de Kino Viejo, del mismo Estado. El clima regional es del tipo BW (hw)(x̂)(e) y se encuentra en la región hidrológica 8 (Villalba y Pizzani, 1991).

VI.1.2. Bahía Estela

Pequeña bahía de aproximadamente 615 m de longitud, ubicada al pie del CREMES (28° 49' 22" N y 111° 56' 27" O).

VI.2. Obtención de Organismos

El CREMES brindó el apoyo de 8100 organismos juveniles de *Crassostrea gigas* listos para el periodo de engorda (2-4 cm) para el experimento.

El método de cultivo utilizado fue el sistema suspendido o flotante, el cual consiste en cestas ostrícolas suspendidas en la columna de agua con flotadores de polietileno, amarradas a una línea madre para mantenerlas alineadas en la columna de agua.

Los módulos se armaron con charolas de plástico que miden 75 x 65 x 8 cm cada una. Para este trabajo se colocaron 3 módulos en cada área de estudio (Figura 8 a y b). Un módulo de ostiones diploides, un módulo de ostiones triploides y un módulo control que consiste en valvas limpias con el propósito de comprobar la influencia del sustrato vivo en la diversidad y abundancia de la epifauna. Al calcular el porcentaje de cobertura no se hizo una diferencia entre ostiones diploides y triploides, se considero a ambos módulos como “ostiones vivos”.

Se procuró que la distancia entre cada módulo fuera de un metro, y se mantuvieron alineados a aproximadamente 10 m de la línea de costa en El Estero La Cruz, y a 20 m en Bahía Estela.



Figura 8a. Posición de las cestas ostrícolas en Bahía Estela. “X” representa la posición de las líneas para las cestas de cultivo.



Figura 8b. Posición de las cestas ostrícolas en El Estero La Cruz. “X” representa la posición para las líneas de cultivo.

VI.3. Trabajo de Campo

Los muestreos biológicos para los estudios del fouling en el cultivo de ostión se realizaron mensualmente, durante el período de engorda de octubre 2010 a mayo 2011. Variables como la temperatura, salinidad y concentración de clorofila *a* se midieron con un módulo CTD (Conductivity Temperature Depth). Las variables se midieron antes de la extracción de las muestras. En abril y mayo del 2011 no se tienen reportes de clorofila, temperatura y salinidad debido a una falla técnica del módulo CTD. La clorofila, temperatura y salinidad faltantes se consultaron en el servidor NOAA, del satélite MODIS on Aqua.

Para la toma de muestras biológicas en los sistemas de cultivo, se soltaron los módulos de la línea madre y se llevaron a la costa para examinarse. Se procedió a desarmar los módulos, caja por caja.

Se tomaron 60 ostiones vivos y 60 ostiones del módulo control al azar en cada sitio de muestreo. Las muestras se conservaron vivas en bolsas de plástico y etiquetadas.

Se removieron los ostiones muertos de los módulos. Las muestras de ostión y los módulos se transportaron en bolsas de plástico al DICTUS en Hermosillo, Sonora.

VI.4. Trabajo de Laboratorio

Para el análisis de cobertura total y la distribución de la fauna incrustante, se utilizó una malla de 100 puntos, separados 1 cm entre sí (Rodríguez e Ibarra-Obando, 2008), anotando el área que abarca cada organismo y la valva que ocupa. El mismo procedimiento se aplicó a las valvas control.

Se pesaron los ostiones completos, sin remover el fouling y se procedió a la limpieza de valvas, con los organismos previamente relajados en Cloruro de Magnesio disuelto al 7% en agua de mar. La fauna obtenida se separó por taxón en frascos y se fijaron con formol al 7% y después de tres días se conservaron en alcohol al 70%. Para evitar lastimar el material biológico, se utilizaron pinceles, pinzas, espátula, agujas de disección para removerlo y microscopio estereoscópico para evitar perder organismos de menor talla. Se identificó hasta el mínimo taxón posible. Se realizó una revisión de valvas (tanto el interior como el exterior) en busca de perforaciones, zonas astilladas o presencia de burbujas de lodo.

VI.4. Análisis de Datos

El porcentaje de cobertura se calculó en base a la siguiente relación:

$$\text{Porcentaje de cobertura} = \frac{(\text{POB})(100)}{\text{ATO}}$$

Donde:

POB= Puntos Ocupados por Biofouling

ATO=Area total del Ostión expresada en Puntos

Se aplicó un una linea de tendencia a las graficas del porcentaje de cobertura para determinar la posibilidad de una sucesion de especies incrustantes en funcion del tiempo de muestreo.

Para comparar las similtudes entre las comunidades, se utilizó el coeficiente de S ø rensen.

Formula:

$$QS = \frac{2C}{A + B}$$

Donde:

A= Cantidad de especies en un muestreo "A"

B= Cantidad de especies en un muestreo "B"

C= Cantidad de especies que el muestreo "A" y el muestreo "B" tienen en común

VII. RESULTADOS

VII.1. Variables

VII.1.1. Temperatura y salinidad

Al inicio del estudio la temperatura en ambos lugares, Estero La Cruz y Bahía Estela, fue similar, con valores de 22° C en noviembre y diciembre, y de alrededor de 15° C en enero y febrero. En marzo, se observó que la temperatura en El Estero La Cruz se incrementó hasta 22.5° C mientras que en Bahía Estela se incrementó hasta sólo 18° C. los muestreos finales de abril y mayo, la temperatura fue similar con valores de 21° C (Figura 5).

La salinidad fue notablemente más alta y variable en el Estero La Cruz, presentando un valor máximo de 38 durante enero (Figura 9). Por el contrario, en Bahía Estela la salinidad fue más homogénea durante el estudio, con valores entre 35 a 35.5.

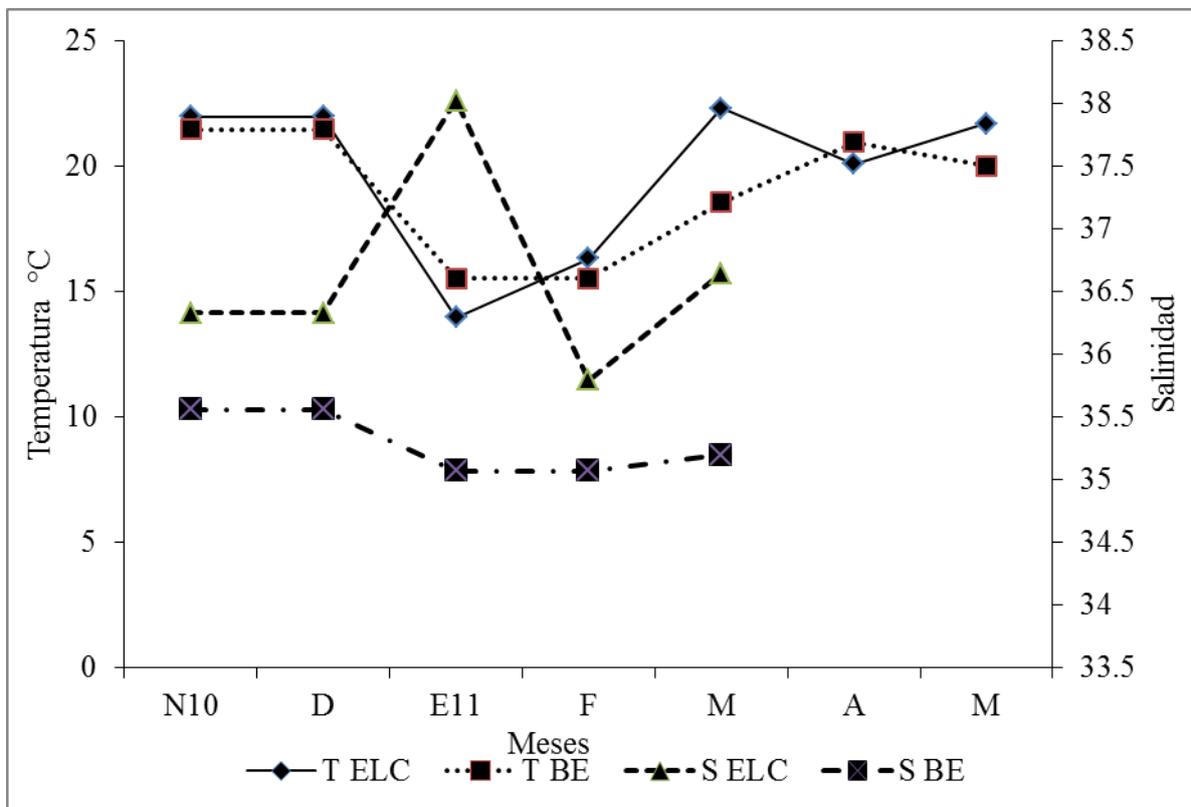


Figura 9. Comportamiento de la temperatura y la salinidad promedio durante los meses de muestreo en el Estero La Cruz y Bahía Estela, siendo (T) temperatura y (S) salinidad.

VII.1.2. Clorofila a

De noviembre a diciembre los niveles de clorofila *a* fueron constantes, 1.5 y 0.5 mg m⁻³, en Estero La Cruz y Bahía Estela, respectivamente. A partir de enero, la concentración de clorofila se incrementó en Bahía Estela hasta llegar a 14.5 mg m⁻³ en mayo. En el Estero La Cruz, la clorofila se incrementó a partir de febrero, hasta valores de 6.0 mg m⁻³ (Figura 10).

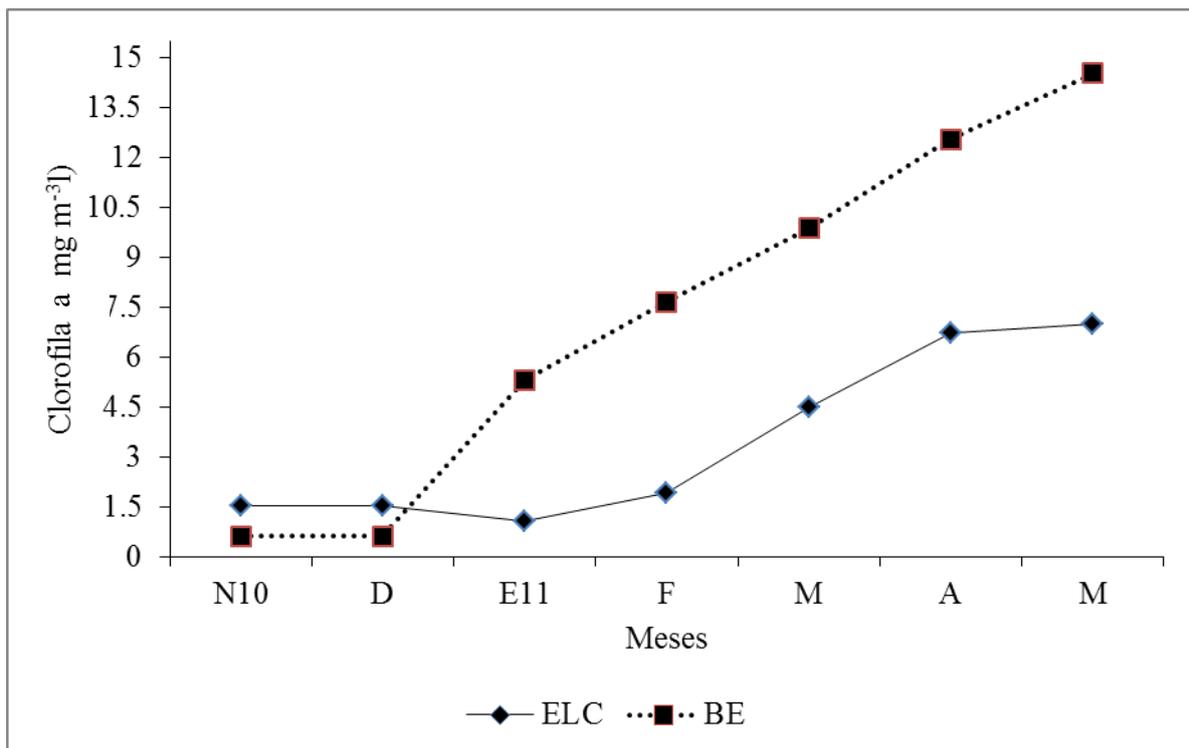


Figura 10. Clorofila a (mg m⁻³) registrada durante los muestreos en el Estero La Cruz y Bahía Estela.

VII.2. Especies Incrustantes

Se identificaron cinco especies incrustando los cultivos de ostión: La anémona *Diadumene* sp; las ascidias *Eudistoma* sp y *Aplidium californicum*; el balano *Balanus amphitrite* y un briozoo que pertenece al género *Scrupocellaria* que solo apareció incrustando los ostiones en Bahía Estela (Tablas I y II). En el Estero La Cruz no se presentaron macroalgas incrustando ostiones, pero se observó la presencia de *Chaetomorpha linum* adherida a las charolas de los módulos. En Bahía Estela se observaron al menos dos especies de macroalgas creciendo entre los briozoos, la presencia de anfípodos en los módulos impidió el crecimiento de estas al utilizarlas como alimento y material para sus madrigueras.

Tabla I. Listado de especies presentes en los módulos de ostiones vivos y control en El Estero La Cruz (ELC) en Bahía de Kino.

Espece	Presencia (Mes)	Estatus	Origen
<i>Balanus amphitrite</i>	N, D, E, F, M, A, M	Introducida	Nueva Zelanda (Foster, 1978) Noroeste del Pacifico Asiatico
<i>Diadumene</i> sp	N,D	Introducida	(Stephenson, 1935) Norteste del Pacifico
<i>Eudistoma</i> sp	N, D, E, F, M, A, M	Introducida	(Monniot, 2001)

Tabla II. Listado de especies presentes en los módulos de ostiones vivos y control en Bahía Estela (BE), Bahía de Kino.

Espece	Presencia (Mes)	Estatus	Origen
<i>Balanus amphitrite</i>	N, D, E, F, M, A, M	Introducida	Nueva Zelanda (Foster, 1978)
<i>Aplidium californicum</i>	D, F, M, A, M		
<i>Scrupocellaria</i> sp	N, D, E, F, M, A, M	Introducida	

VII.2.1. Coeficiente de Sørensen

Se utilizó el coeficiente de Sørensen para medir la similitud de las comunidades entre ambas áreas de muestreo. El rango de este valor varia de 0 a 1, entre mas cercano sea a 1 más similares serán las comunidades comparadas entre el Estero La Cruz y Bahía Estela.

El mes con el coeficiente más alto fue durante enero (0.4), de noviembre a diciembre varió de 0.33 a 0.28 y a partir de febrero hasta mayo se mantuvo en 0.33 (Figura 11).

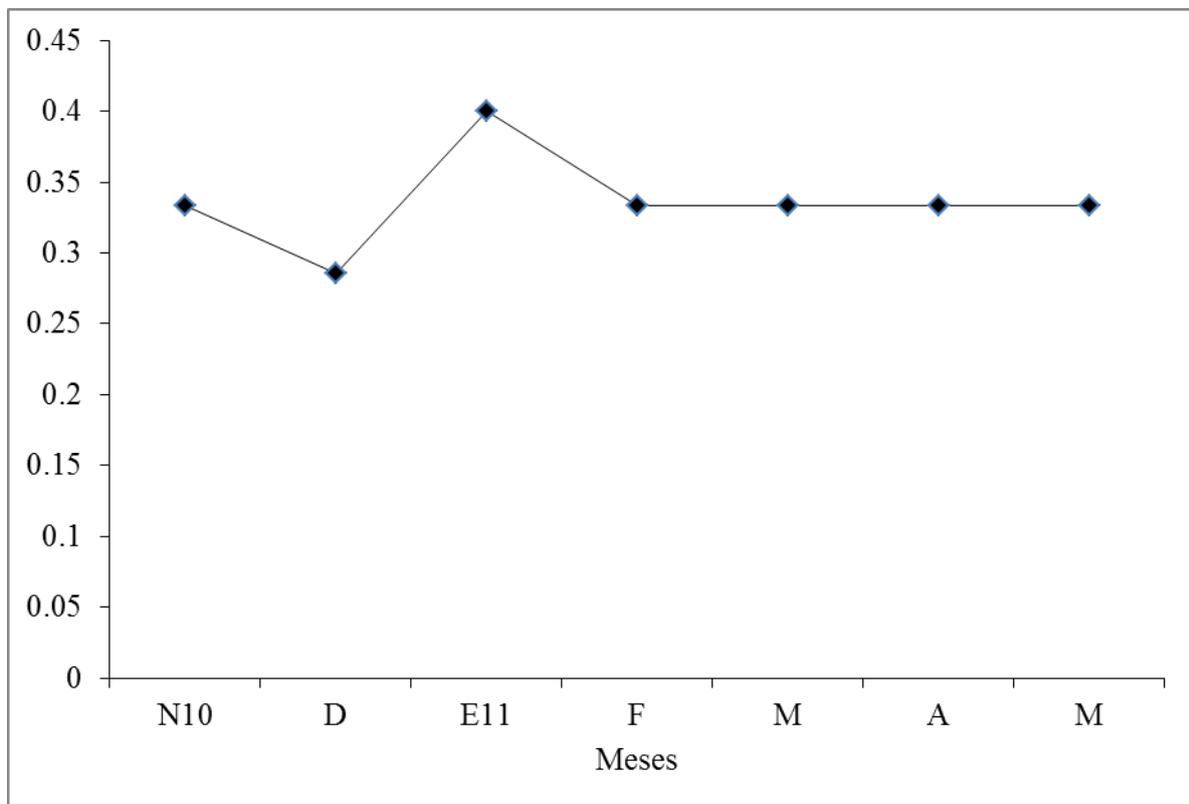


Figura 11. Comportamiento del coeficiente de Sørensen durante el muestreo comprendido de noviembre del 2010 a mayo del 2011.

VII.3. Porcentaje de Cobertura Total Ocupada por Fauna Incrustante

De manera general, en el Estero La Cruz el balano *B. amphitrite* dominó la cobertura en los ostiones, mientras que en Bahía Estela el conjunto de Briozoos con madrigueras representó el mayor porcentaje de cobertura sobre los ostiones en los tres módulos. El registro de cobertura en el módulo control solo se llevó hasta abril, ya que una marejada causó la pérdida total del módulo en ambos sitios de muestreo y no fue posible recuperarlos.

La cobertura total en el Estero La Cruz fue de 11.59% en noviembre, 8.25% en diciembre, 17.84% en enero, 15.70% en febrero, 26.61% en marzo, 17.72% en abril y 14.26% en mayo. En Bahía Estela el porcentaje de cobertura total fue de 12.72% en noviembre, 29.01% en diciembre, 13.82% en enero, 31.46% en febrero, 61.92% en marzo, 35.53% en abril y 24.29% en mayo (Figura 12a).

El porcentaje de cobertura total en el módulo control de el Estero La Cruz fue de 22.55% en noviembre, 22.44% en diciembre, 7.14% en enero, 9.43% en febrero, 25.87% en marzo y 13.23% en abril. El porcentaje de cobertura total en el módulo control de Bahía Estela fue de 6.87% en noviembre, 19.86% en diciembre, 21.42% en enero, 27.80% en febrero 42.05% en marzo y 27.51% en abril (Figura 12b).

Al concluir el estudio, el máximo porcentaje de cobertura registrado fue durante marzo, dado por un ajuste de modelo cuadrático de R^2 de 0.52 para el Estero La Cruz y R^2 de 0.40 para Bahía Estela.

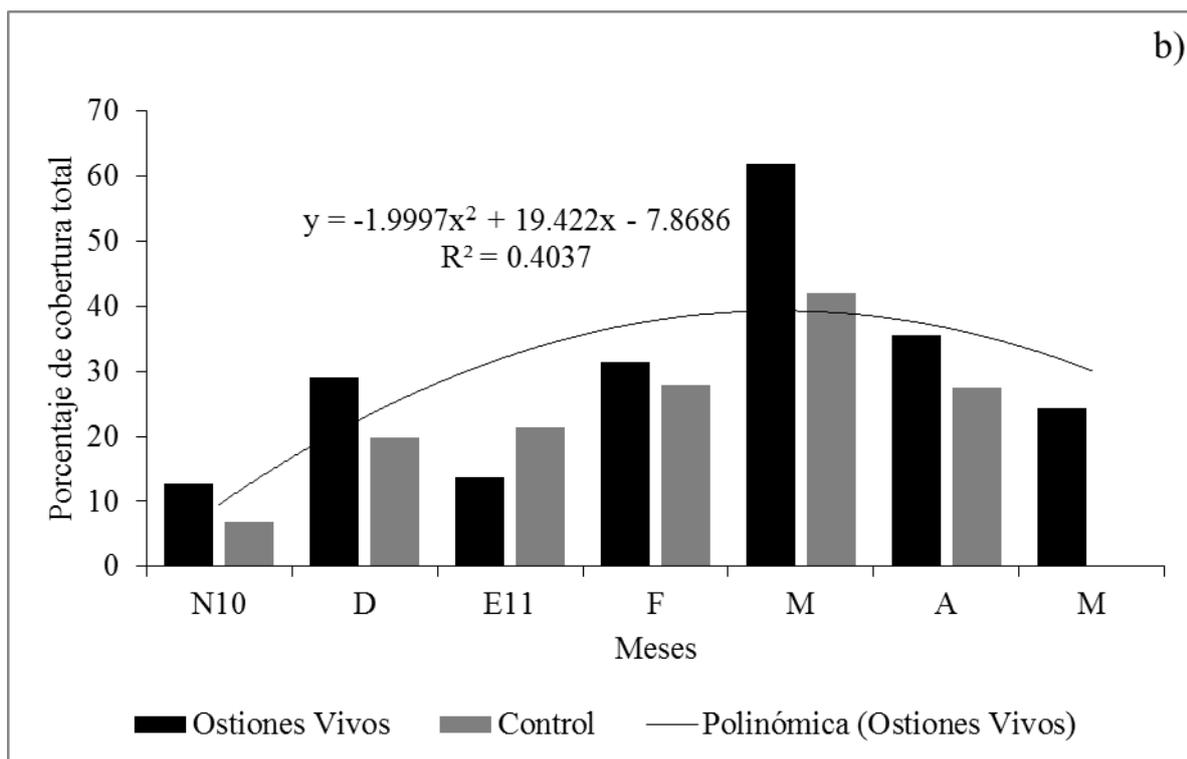
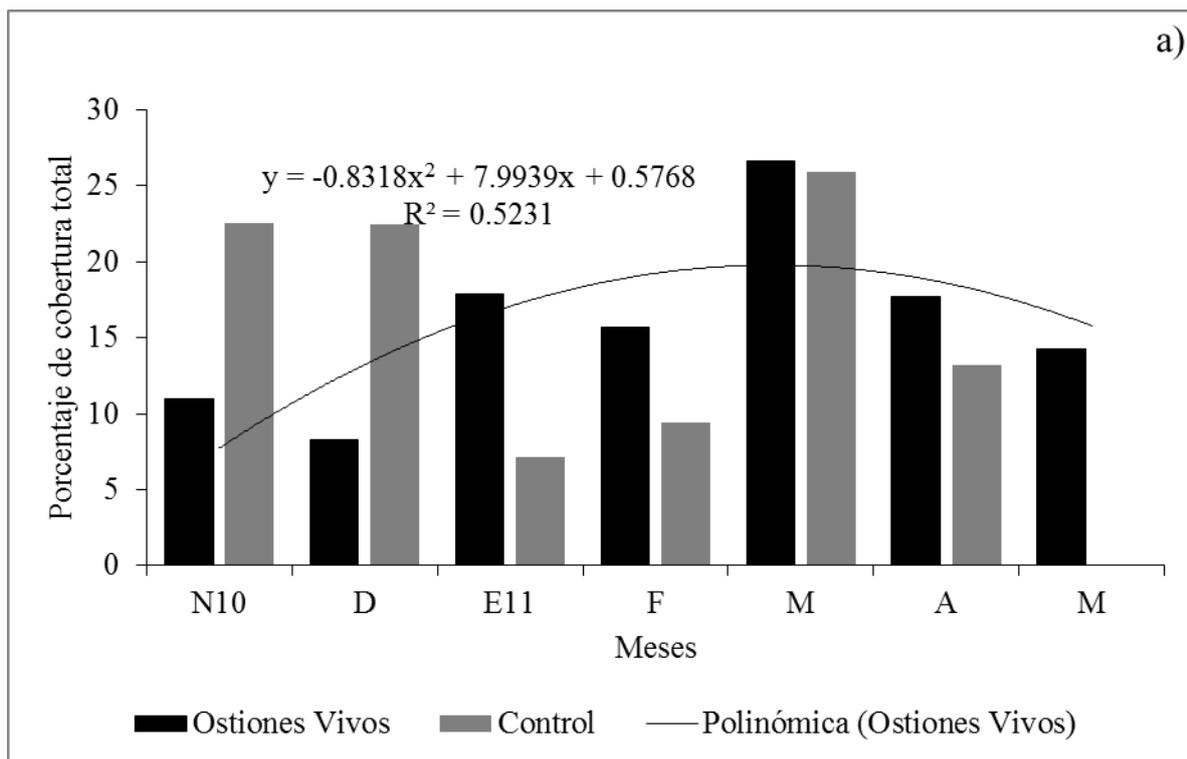


Figura 12. Porcentaje de cobertura total ocupada por fauna incrustante en los ostiones vivos y ostiones del modulo control en (a)El Estero La Cruz (ELC) y (b)Bahía Estela (BE)

VII.3.2 Porcentaje total de cobertura ocupado por balanos

El porcentaje de la cobertura total de ostiones vivos ocupada por *Balanus amphitrite* en el Estero la Cruz en noviembre fue de 10.27%, en diciembre de 8.25%, en enero de 16.51%, en febrero de 14.12%, en marzo de 26.04%, en abril de 16.86% y en mayo de 13.6%. En el módulo control el porcentaje de cobertura total fue de 22.57% en noviembre, 22.32 % en diciembre, 7.10 % en enero, 9.06 % en febrero, 25.30 % en marzo y 12.96% en abril (Figura 13a).

En Bahía Estela el porcentaje de cobertura ocupado por *Balanus amphitrite* en ostiones vivos fue de 3.55% en noviembre; 2.75% en diciembre; 3.17% en enero; 9.97% en febrero; 7.28% en marzo; 13.32% en abril y 9.61% en mayo. En el módulo control se registraron porcentajes de 2.92% en noviembre; 3.87% en diciembre; 12.19% en febrero; 7.15% en marzo y 4.53% en abril (Figura 13b).

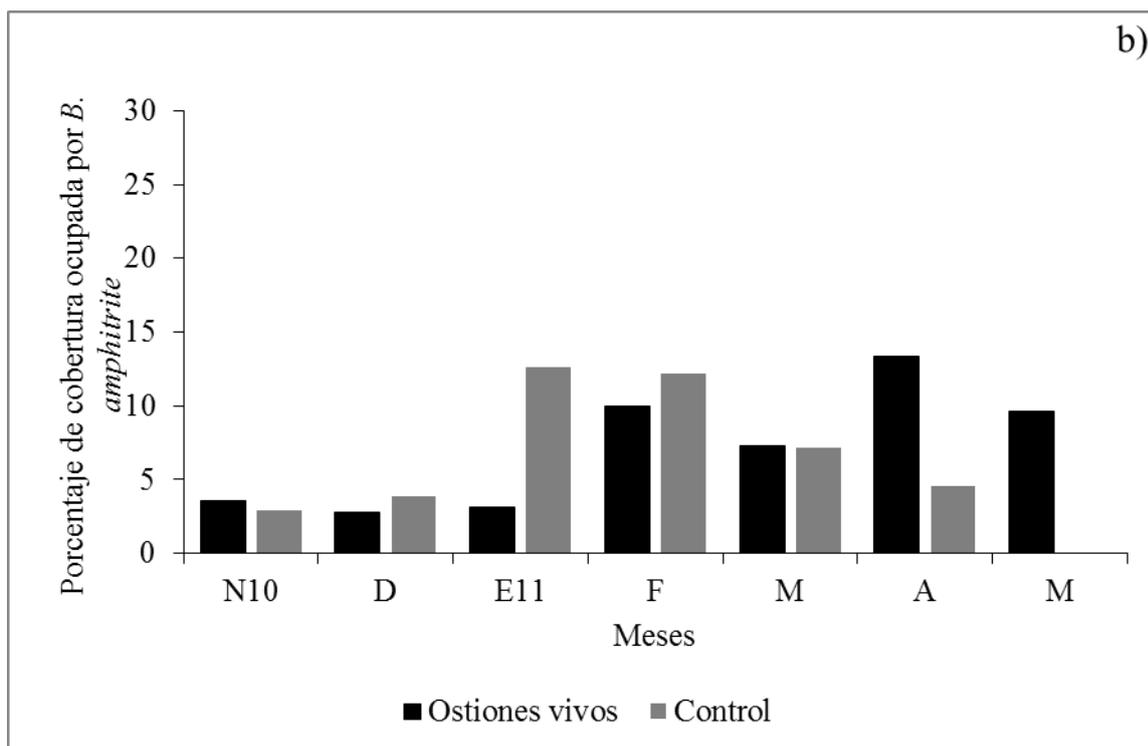
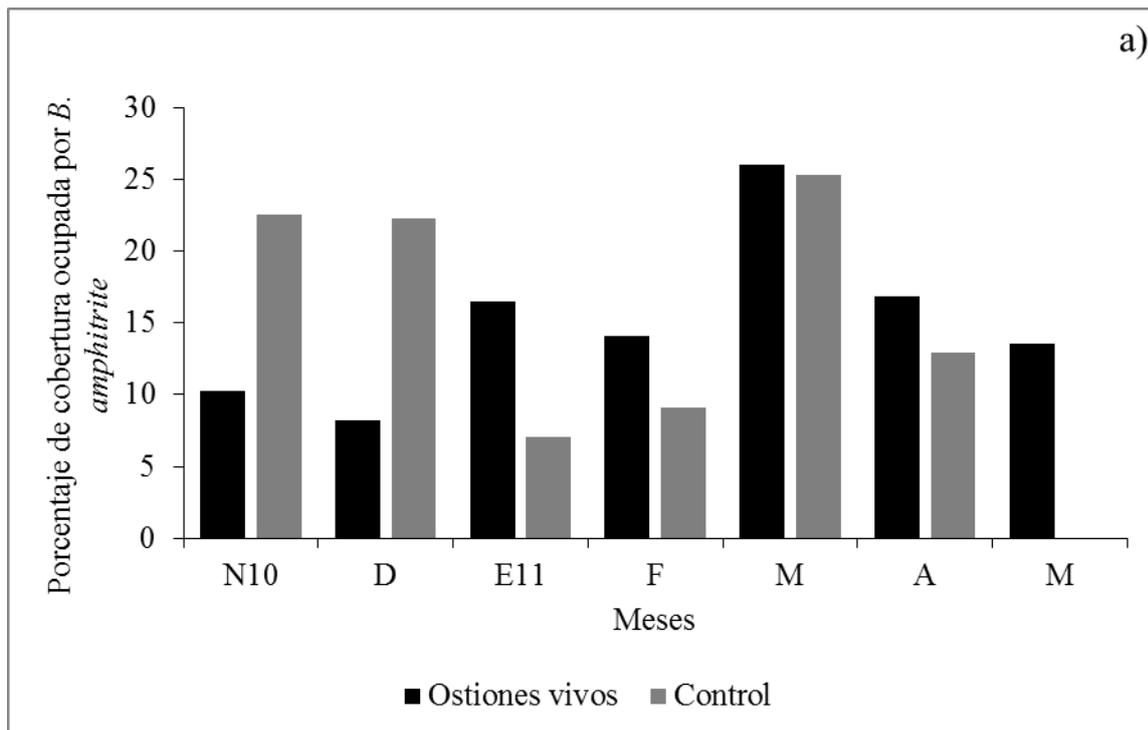
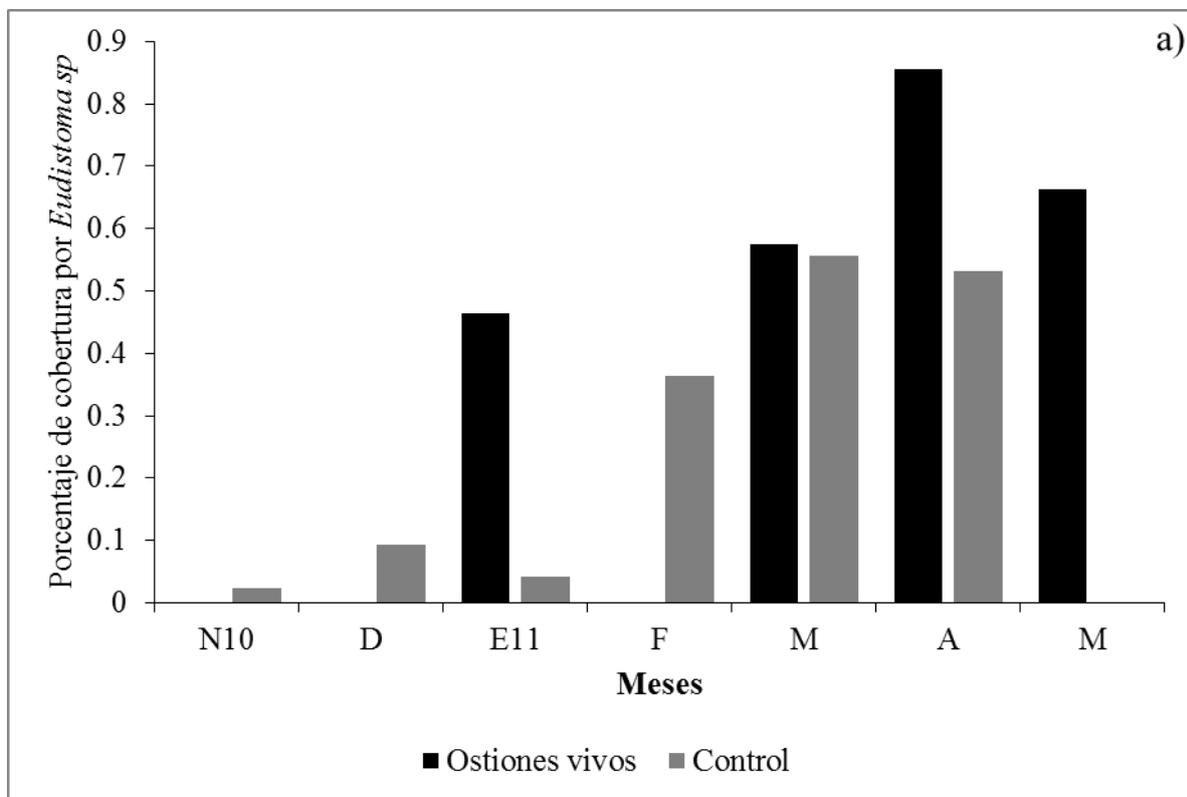


Figura 13. Porcentaje de cobertura total ocupada por *Balanus amphitrite* en los módulos del ELC (a) y BE (b).

VII.3.2. Porcentaje de cobertura total ocupado por ascidias

El porcentaje total ocupado por la ascidia *Eudistoma sp* en ostiones vivos del Estero La Cruz fue de 0.46% en enero, 0.57% en marzo, 0.85% en abril y 0.66% en mayo. En el módulo control fue de 0.02% en noviembre, 0.09% en diciembre, 0.04% en enero, 0.55% en marzo y 0.53% en abril (Figura 14a).

En Bahía Estela *Aplidium californicum* ocuparon en ostiones vivos 0.48% en febrero, 0.98% en abril y 0.23% en mayo. En el módulo control ocuparon el 0.11% en diciembre, 0.48% en febrero, 0.34% en marzo y 0.69% en abril. (Figura 14b)



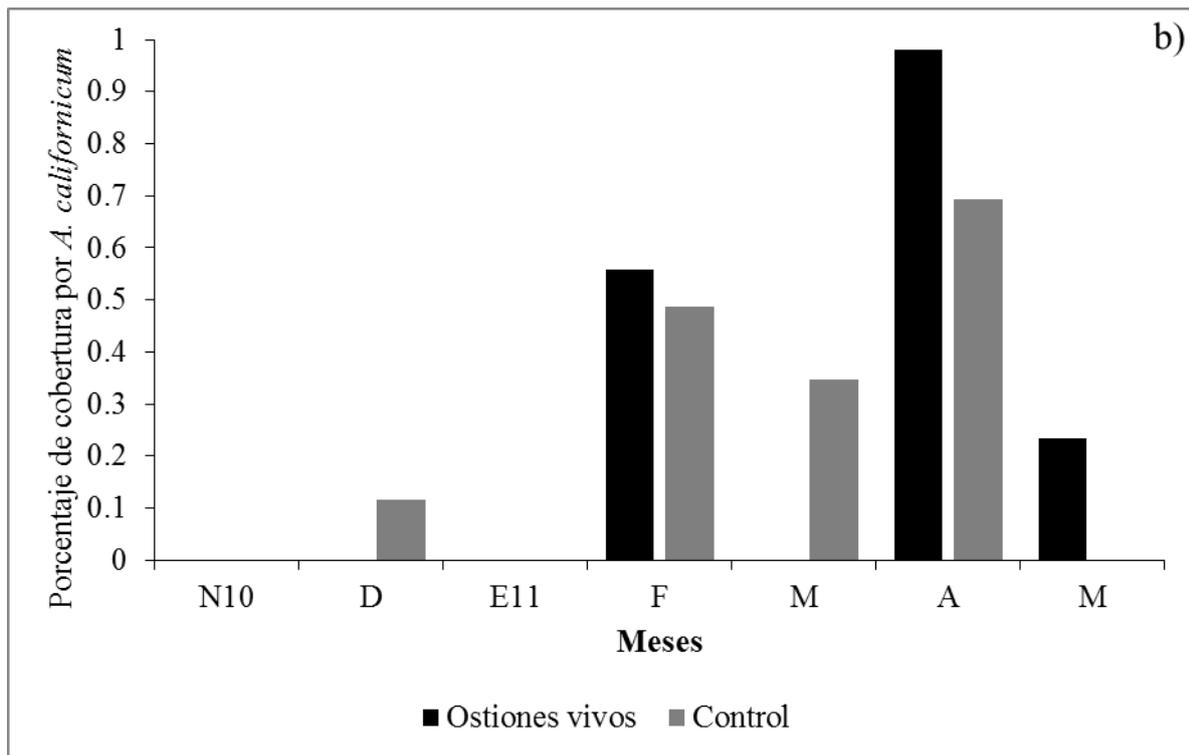


Figura 14. Porcentaje de cobertura total ocupada por *Eudistoma* sp y *Aplidium californicum* en los módulos de Estero La Cruz (ELC) (a) y Bahía Estela (BE) (b).

VII.3.3. Porcentaje de cobertura total ocupado por anémonas

La anémona *Diadumene* sp solo se registró en el Estero La Cruz, en ostiones vivos ocupó el 0.72% en noviembre, 0.003% en diciembre, 0.86% en enero y 1.23% en febrero. (Figura 15).

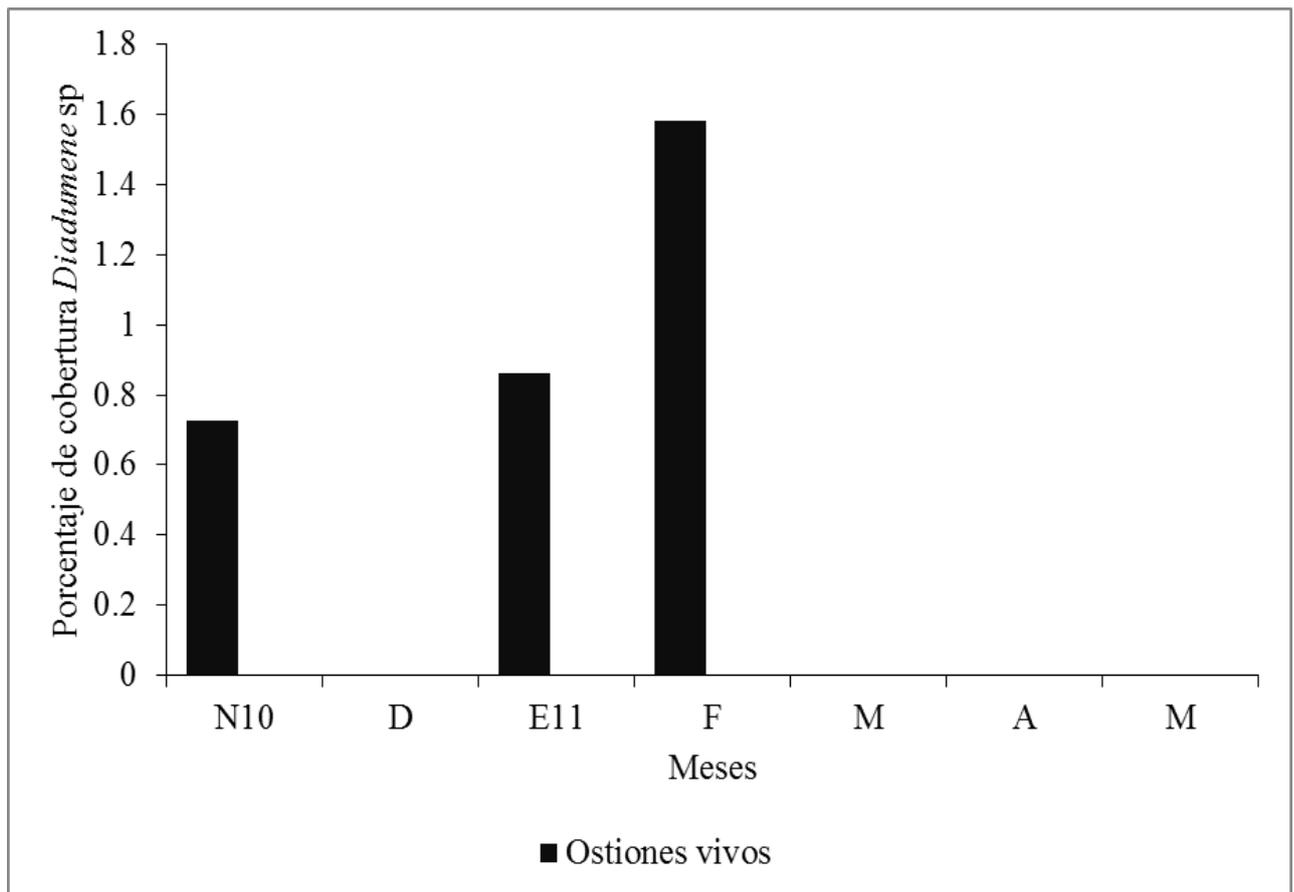


Figura 15. Porcentaje de cobertura total ocupada por *Diadumene* sp en los módulos del Estero La Cruz.

VII.3.4. Porcentaje de cobertura total ocupado por briozoos/madrigueras de anfípodos

La combinación de briozoos/madrigueras de anfípodos solo se presentó en Bahía Estela, ocupando en ostiones vivos el 9.17% en noviembre, 26.59% en diciembre, 10.65% en enero, 20.93% en febrero, 54.63% en marzo, 21.23% en abril y 14.44% en mayo.

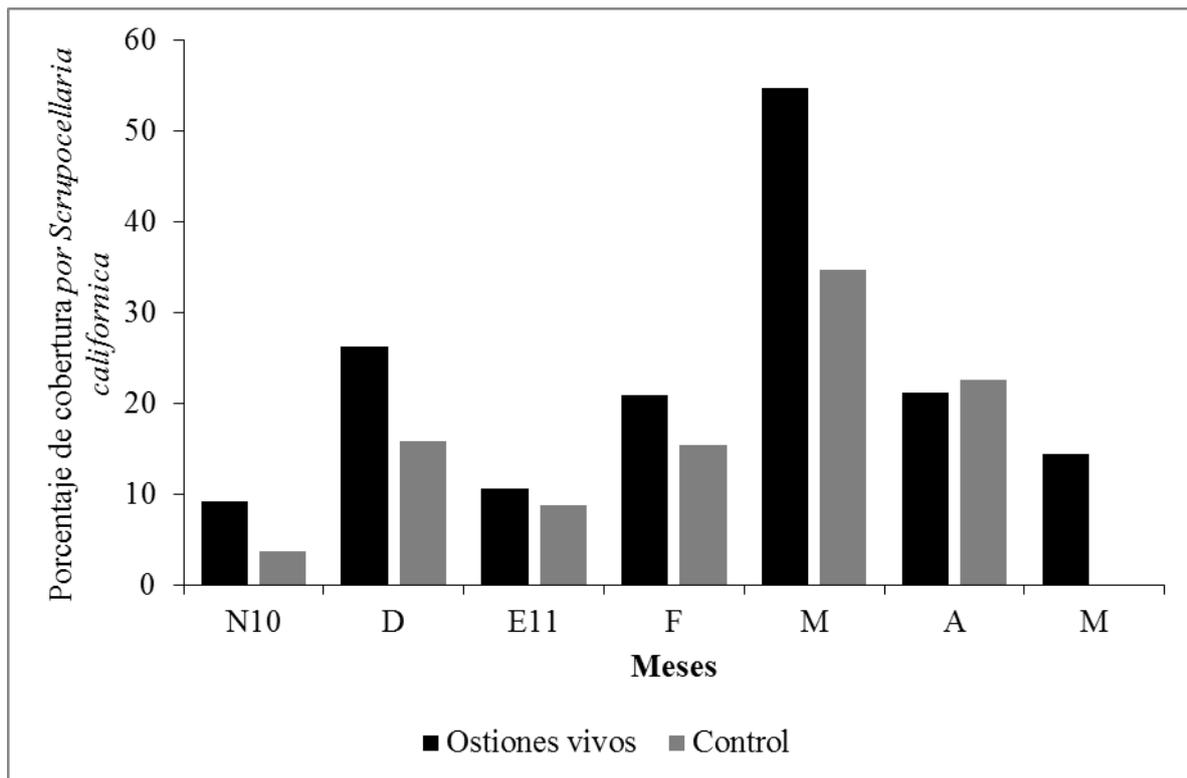


Figura 12. Porcentaje de cobertura total ocupado por *Scrupocellaria*/madrigueras de anfípodo en Bahía Estela (BE).

VIII. DISCUSIÓN

En aguas costeras varios factores ambientales juegan un papel decisivo en determinar la disponibilidad de nutrientes y el crecimiento de moluscos bivalvos durante su cultivo (Gianuca y Mazzola, 1997). Al tratarse de un cultivo de módulos suspendidos bastante cercanos a la superficie, el desarrollo tanto de los ostiones como la diversidad y abundancia de los organismos epibiontes asociados al cultivo se ven bastante influenciados por las condiciones meteorológicas y la concentración de fitoplancton (Nelson, 2009).

La temperatura tiene una gran influencia en comunidades marinas y es uno de los factores más importantes en el cultivo de ostión dado que mortalidades masivas de este bivalvo son principalmente atribuidas a altas temperaturas (Chávez-Villalba et al., 2010; Griffin et al., 2007; Virabhadra Rao, 1950). En el noroeste de México se ha reportado que temperaturas de hasta 30°C se han asociado con mortalidades masivas. Durante el periodo de muestreo, que comprendió solo dos meses cálidos, la temperatura no sobrepasó los 22°C en ambos sitios de muestreo, lo que pudo haber sido la causa principal de la baja mortalidad en los cultivos.

La salinidad, al igual que la temperatura, es otro de los factores abióticos más influyentes en el desarrollo del ostión. Para generalizar, altos valores de salinidad estimulan el crecimiento, pero reducen la resistencia a enfermedades y ocurriendo lo contrario si la salinidad disminuye (Hornell, 1910; Tolley et al., 2005). Un rango intermedio de salinidad de 20-35 (Hornell, 1910; Tolley et al., 2005; Virabhadra Rao, 1950) puede ser considerado el nivel óptimo para maximizar la densidad, biomasa e inmunidad en los cultivos de ostión.

La temperatura y salinidad en si no son parámetros limitantes para el asentamiento y colonización de especies cosmopolitas como *Balanus amphitrite*, cuya presencia se ha registrado en aguas de todo el mundo (Keugh, 1982; Pollock, 1998) e incluso en zonas expuestas a la contaminación por metales pesados (Bryan, 1971; Sasikumar et al., 1995). En el caso de las ascidias la temperatura puede regular la reproducción y el reclutamiento de larvas, ya que si los juveniles de ascidia son expuestos a temperaturas mayores de 25°C presentan mas dificultades durante el asentamiento, principalmente mortalidades masivas (Gotelli, 1987)

En base a lo anterior y a los resultados obtenidos se propone que las condiciones hipersalinas del Estero La Cruz (Valdez-Holguín, 1994) juegan un papel importante en la diferencia de la composición de las comunidades incrustantes entre el Estero La Cruz y Bahía Estela, es por esto que se descartó a la temperatura como la variable limitadora de la intensidad y diversidad del biofouling en los cultivos de ostión japonés, debido a que la diferencia entre los valores registrados en El Estero La Cruz y Bahía Estela fue mínima.

La disponibilidad de alimento suspendido en la columna de agua varía estacionalmente (Bather y Baud, 1992), lo que determina en gran medida la talla y el peso de los organismos en cultivo, que se desarrollan de acuerdo a la disponibilidad de alimento y sus requerimientos energéticos (Incze et al., 1981). Es importante definir cuidadosamente los niveles de clorofila ideales, ya que si la concentración llegara a ser muy alta afectaría el proceso de filtrado en el ostión, lo que podría producir mortalidades masivas en el cultivo. Bather y Baud (1992) no definen una concentración constante de clorofila ideal para el cultivo de *C. gigas* pero en su estudio las tasas de crecimiento se mantuvieron altas cuando la concentración se mantuvo en valores intermedios de 10-20 $\mu\text{g/l}$.

Dean (1981) y Nelson (2009) en sus estudios observaron que los organismos incrustantes responden mejor a la complejidad de las estructuras desarrolladas por los residentes adultos y con el asentamiento y desarrollo de estas comunidades de organismos adultos el flujo de agua se ve disminuido alrededor de la colonia, lo que fomenta el asentamiento exitoso de las larvas que se encuentran suspendidas en la columna de agua (Nelson, 2009; Wahl, 2004).

Anteriormente se mencionó que la diversidad y la intensidad del biofouling varía de acuerdo a la disponibilidad de sustrato y alimento, el asentamiento de este tiende a variar con la edad del ostión, siendo generalmente la sección posterior del ostión la parte mas afectada por la fauna incrustante (Gianluca, 1997; Wahl, 2008). La distribución de los epibiontes no siempre es aleatoria en la superficie del huésped, puede ser determinada por la especie del basibionte, atracción o repulsión física o química (Dobretsov et al., 2005).

Durante este estudio se observó que la cobertura presento grandes diferencias entre las áreas de muestreo a lo largo del periodo de engorda. En el Estero La Cruz el porcentaje de organismos incrustantes fue notablemente menor a los porcentajes observados en Bahía Estela. En el Estero La Cruz dominaron los balanos y las ascidias (tanto en ostiones control como en los vivos) y se contó con la presencia de anemonas (2-3 individuos de 1 mm de diámetro) durante los primeros meses de muestreo. El porcentaje de la cobertura ocupada por balanos fue menor al 35% de la valva. Se estima que la baja diversidad observada en el Estero

La Cruz fue debido a que los módulos estuvieron expuestos a largos periodos de desecación, lo que limitó el asentamiento y el desarrollo de especies a organismos adaptados a este tipo de condición (Robinson et al., 2011).

En Bahía Estela el mayor porcentaje de cobertura es representado por los briozoos ramificados *Scrupocellaria* sp que permitieron la formación de madrigueras de anfípodos; mientras que el segundo lugar es ocupado por los balanos (*B. amphitrite*). Esto puede ser por la morfología de las especies incrustantes, que juega un papel importante en el reclutamiento subsecuente (Nelson, 2007). Organismos incrustantes cuya estructura es plana y sencilla como las esponjas y ascidias coloniales restringen el reclutamiento de una manera más efectiva que formas complejas, ramificadas o textura rugosa como los briozoarios, hidroides o incluso los balanos (Dijkstra et al., 2007). Es así como el asentamiento de briozoos fue propicio para la retención de sedimento en las valvas de ostión y al asentamiento de las macroalgas utilizadas como materia prima por los anfípodos para la construcción de sus madrigueras. Por otro lado, está la estrategia de los balanos que gracias a la textura de su propia valva, los juveniles de su especie son atraídos para formar parte de la colonia, ya que la diversidad de formas de organismos incrustantes actúa como un catalizador que fomenta el reclutamiento de larvas en las comunidades (Maki et al., 1988; Olivier et al., 2000).

En cuanto al porcentaje de cobertura ocupado por *Aplidium californica*, se observó que las colonias se concentraron en la parte anterior o en la zona más convexa de la valva, que la mayoría de las veces nunca se ve expuesta a la luz solar. Esto es parte del comportamiento característico del genero *Aplidium* y otras ascidias, ya que sus larvas presentan mas afinidad por hábitats menos iluminados (Gotelli, 1987). Lo anterior también aplica a *Eudistoma* sp, que a pesar de que las condiciones de desecación en el Estero La Cruz son el factor determinante para la colonización de otros organismos, esta ascidia presentó el mismo patrón de asentamiento que *Aplidium* sp.

La actividad fisiológica en cultivos de ostión es afectada directamente por varios factores ambientales y mantener un registro de estos parámetros puede ser la clave para determinar la causa de mortalidad masiva en la acuicultura del ostión (Tomaru et al., 2001)

La mortalidad fue relativamente baja, con un total de 1173 ostiones muertos, lo que equivale al 14.48% de la población total del cultivo durante los 7 meses del periodo de engorda, abril y noviembre fueron los meses con mas ostiones muertos en ambas áreas de estudio. El seleccionar las semillas adecuadas puede ser factor decisivo para evitar mortalidades masivas, puesto que si el ostión proviene de individuos resistentes al estrés de

cambios ambientales y la competencia por alimento, la mortalidad puede reducirse al mínimo (Imai et al., 1965).

En el Estero La Cruz se presentó la mayor cantidad de ostiones muertos durante el muestreo (717 ostiones). Los meses con la mortalidad más alta fueron noviembre (172 ostiones) y abril (372 ostiones). De acuerdo con estudios enfocados a la supervivencia del ostión (Castillo-Duran, 2010; Chávez-Villalba, 2010) y la comunicación personal con los productores en el Estero La Cruz, son los meses de cambio de estación cuando se esperan grandes pérdidas de producto, ya sea por el cambio de estación ó por el brote de enfermedades. Se hace notar que la cantidad de lodo acumulado en los módulos del estero aportó más peso a la valva que el biofouling en si, lo que pudo ocasionar problemas por el sobrepeso en las valvas.

La distribución, composición y densidad de las comunidades incrustantes en *C. gigas* se vieron afectadas por diversos factores, como el cambio de estación, el asentamiento y colonización de otros organismos. También se debe tomar en cuenta la disponibilidad y la textura del sustrato, que pueden llegar a favorecerá ciertos grupos de animales que actuarán como inhibidores para la fijación de organismos juveniles de otras especies. Como ocurrió en el caso de los ostiones de Bahía Estela, donde la presencia del briozoo *Scrupocellaria* sp debido a su estructura ramificada y la excreción de metabolitos secundarios que inhiben el asentamiento de los cipridos, limitó el área de cobertura ocupado por *B. amphitrite* (Keugh y Downes, 1982).

IX. CONCLUSIONES

Se identificaron 5 especies de fauna incrustante *Balanus amphitrite*, *Scrupocellaria* sp, *Aplidium californica*, *Eudistoma* sp y *Diadumene* sp. Solo dos especies permanecieron presentes en todos los muestreo: *Balanus amphitrite* y *Scrupocellaria* sp.

B. amphitrite fue la única especie en común incrustando ostiones tanto del Estero La Cruz y Bahía Estela.

La distribución de las colonias de fauna incrustante en las valvas de ostión presentó un patrón según la especie. Los balanos se distribuyeron principalmente en la valva curva y se concentraron en la parte anterior del ostión, los briozoos/madrigueras se presentaron solo en ostiones de Bahía Estela y abarcaron la mayor parte de las valvas, las ascidias incrustaron principalmente la valva plana, las anemonas se encontraron solo en la parte anterior de los ostiones del Estero La Cruz.

El porcentaje de cobertura total estacional no presentó un patrón, solamente se observó una ligera diferencia entre el porcentaje de cobertura de fauna incrustante de los ostiones vivos y control, siendo los últimos los que presentaron un porcentaje levemente menor.

El intenso oleaje que se presentó durante abril y mayo causó perturbaciones en el porcentaje de cobertura total al desprender los cultivos de la línea, lo que causó que muchas colonias de fauna incrustante se destruyeran.

X. LITERATURA CITADA

- Akashige, S. 2005. History, current state, and the future of oyster cultivation in Hiroshima Prefecture. En: UNITAR Hiroshima Office for Asia and the Pacific, Series on Sea and Human Security Training Workshop on Food Security. Hiroshima, Japón. 26-30.
- Bather, C. y J.P. Baud. 1992. Intensive rearing of juvenile oysters *Crassostrea gigas* in an upwelling system: optimization of biological production. *Aquat. Living Resour.*, 5: 89-98.
- Becker, K., T. Hormchong y M. Wahl. 2000. Relevance of crustacean carapace wettability for fouling. *Hydrobiologia*. 426: 193–201.
- Boudry, P., B. Collett, H. McCombie, P. Hernandez, B. Morand, S. Heurtebise, y D. Gerard. 2003. Individual growth variation and its relationship with survival in juvenile Pacific oysters, *Crassostrea gigas* (Thunberg). *Aquacult. Int.* 11: 429–448.
- Brower, J. E. y J. H. Zar. Field and laboratory methods for general ecology. En: Carl N. von Ende. 4th ed. Published 1998 by WCB McGraw-Hill in Boston, Mass.
- Bryan, G. 1971. The Effects of Heavy Metals (other than Mercury) on Marine and Estuarine Organisms *Proc. R. Soc. Lond. B.* 177 (1048): 389-410.
- Carrasco, M. y P. Baron. 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. *Biol. Invasions*. 12:2597–2607.
- Chavez-Villalba, J., A. Arreola-Lizárraga, S. Burrola-Sanchez, y F. Hoyos-Chairez. 2010. Growth, condition, and survival of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* cultivated within and outside a subtropical lagoon. *Aquaculture* 300 (2010) 128–136
- Dean, T. 1981. Structural aspects of sessile invertebrates as organizing forces in an estuarine fouling community. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 53: 163-180.
- Dijkstra, J., H. Sherman y L. Harris. G. 2007. The role of colonial ascidians in altering biodiversity in marine fouling communities. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 342: 169-171.
- Dobretsov, S. 2009. Inhibition and Induction of Marine Biofouling by Biofilms. *Marine and Industrial Biofouling*. Springer Series on Biofilms. Vol. 4, II: 293-313.
- FAO. © 2008-2010. - . Programa de información de especies acuáticas. Text by Helm, M.M. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 13 April 2005. [Cited 21 September 2010]. http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Crassostrea_gigas/es.
- Flemming, H. 2009. Why Microorganisms Live in Biofilms and the Problem of Biofouling. En: Flemming, H; Venkatesan, R; Sriyutha Murthy, P. *Marine and Industrial Biofouling* (3-12). New York. Springer-Verlag.
- Gherart, D; D. Rittschof y S. Mayo. 1988. Chemical Ecology and the search for Marine Antifoulants: Studies of a Predator-Prey Symbiosis. *J. Chem. Ecol.* 14(10).
- Gianluca, S. y A. Mazzola. 1997. Effects of trophic and environmental conditions on the growth of *Crassostrea gigas* in culture. *Aquaculture* 153 (1997) 81-91.
- Glasby, T., S. Connell, M. Holloway y Hewitt. 2007. Nonindigenous biota on artificial structures: could habitat creation facilitate biological invasions?. *Mar Biol.* 151:887–895.
- Gotelli, N, 1987. Spatial and temporal patterns of reproduction, larval settlement, and recruitment of the compound ascidian *Aplidium stellatum*. *Mar. Biol.* 94, 45-51.

- Griffin, F., D. Cheney, A. Suhrbier, B. Vadopalas, G. Olin, T. Renault y C. Friedman. 2007. Summer Seed Mortality of the Pacific Oyster, *Crassostrea gigas*, Grown in Tomales Bay, California: The influence of Oyster Stock, Planting, Pathogens and Environmental Stressors. *Journal of Shellfish Research*, Vol. 26, No. 1, 163–172, 2007.
- Guo, H., B. Zhao, J. Chen, Y. Yan y J. Chen. 2010. Seasonal Changes of Energy Fluxes in an Estuarine Wetland of Shanghai, China. *Chin. Geogra. Sci.* 20(1): 023–029.
- Helm, M. y N. Bourne. 2004. Hatchery culture of bivalves. A practical manual. A. Lovatelli (ed.), FAO Fisheries Technical Paper No. 471. FAO, Rome, Italy.
- Hewitt, C., S. Gollasch y D. Minchin. 2009. The Vessel as a Vector – Biofouling, Ballast Water and Sediments. *Biological Invasions in Marine Ecosystems Ecological Studies*. 204(II): 117-131.
- Hornell, J. 1910. Note on an attempt to ascertain the principal determining factor in oyster spawning in Madras backwaters (Madras Fish. Investigations, 1908)," *Madras Fisheries Bur. Bull*, 4, 25-31.
- Imai, T., K. Numachi, J. Oizumi y S. Sato. 1965. Studies on the Mass Mortality of the Oyster in Matsushima Bay II. Search for the Cause of Mass Mortality and the Possibility to Prevent it by Transplantation Experiment. *Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.* no. 25, pp. 27-38.
- Inclan-Rivadeneira, R. y M. Acosta-Ruiz. 1989. La comunidad incrustante en balsas para el cultivo ostión japonés *Crassostrea gigas* en Bahía San Quintín, Baja California, México. *Ciencias Marinas*. 15(1): 21-38.
- Inczel, L., R. Lutz y E. True. 1981. Modeling Carrying Capacities for Bivalve Mollusc in Open, Suspended-Culture Systems. *Journal of the World Mariculture Society* Volume 12, Issue 1, pages 141–155, March 1981.
- Ista, L. y G. Lopez. 1998. Lower critical solubility temperature materials as biofouling release agents. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 20: 121–125.
- Kan-no, H. y T. Hayashi. 1971. The present status of shellfish culture in Japan. *Proceedings of the First U.S.-Japan Meeting on Aquaculture at Tokyo, Japan, October 18-19.*
- Keough, M. y B. Downes. 1982. Recruitment of Marine Invertebrates: the Role of Active Larval Choice and Early Mortality. *Oecologia*. 54:348-352.
- Khalaman, A. y Y. Komendantov . 2007. Mutual Effects of Several Fouling Organisms of the White Sea (*Mytilus edulis*, *Styela rustica*, and *Hiattella arctica*) on Their Growth Rate and Survival. *Russ. J. Mar. Biol.* 33 (3): 139–144.
- Lamb A. y P.H. Hanby. 2005. *Marine Life of the Pacific Northwest*. Harbor Publishing, Madeira Park, BC. 398.
- Lodeiros, C., D. Pico, A. Prieto, N. Narvaez y A. Guerra. 2002. Growth and survival of the pearl oyster *Pinctada imbricata* (Röding 1758) in suspended and bottom culture in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *Aquacult. Int.* 10: 327–338.
- Macfarlane, G. y D. Booth. 2000. Estuarine Macrobenthic Community Structure in the Hawkesbury River, Australia: Relationships with sediment physicochemical and Anthropogenic parameters. *Environ. Monit. Assess.* 72(1):51-78.
- Maeda-Martínez, A.N. 2008. Estado actual del cultivo de bivalvos en México. En Lovatelli, A; Farías, A; Uriarte, I. Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. FAO Actas de Pesca y Acuicultura. No. 12. Roma, FAO. 91-100.
- Maki, J. S., J.D. Rittschof, D. Costlow y R. Mitchell. 1988. Inhibition of attachment of larval barnacles, *Balanus Amphitrite* by bacterial surface films. *Mar. Biol.* 97:199-206.

- Marenghi, F., G. Ozbay, P. Erbland y K. Rossi-Snook. 2010. A comparison of the habitat value of sub-tidal and floating oyster (*Crassostrea virginica*) aquaculture gear with a created reef in Delaware's Inland Bays, USA. *Aquacult Int.* 18:69–81.
- Mazounil, N., J. Gaertner y Deslous-Paolil. 2001. Composition of biofouling communities on suspended oyster cultures: an in situ study of their interactions with the water column. *Mar Ecol Prog Ser* Vol. 214: 93–102, 2001.
- Minchin, D. 2006. The transport and the spread of living aquatic species, Chapter 5: The transport and the spread of living aquatic species. *The Ecology of Transportation: Managing Mobility for the Environment.* *Environ. Pollut.* 10: 77-97.
- Nelson, M. 2009. Growth Morphology and succession in a temperate marine Fouling Community. Presented to Humbolt State University May 2009.
- Olivier, F., Tremblay, E. Boutget y D. Rittschoi. 2000. Barnacle settlement: field experiments on the influence of larval supply, tidal level, biofilm quality and age on *Balanus amphitrite* cyprids. *Mar Ecol Prog Ser.* Vol 199: 185-204.
- Otsuka, C. y D. Dauer. 1982. Fouling Community Dynamics in Lynnhaven Bay, Virginia. *Estuaries and Coasts.* Volume 5, Number 1, 10-22, DOI: 10.2307/1352212.
- Ovsyannikova, I. e I. Levenets. Macrofouling of the Scallop *Mizuhopecten yessoensis* in the Polluted Area of Amursky Bay, Sea of Japan. *Russ. J. Mar. Biol.* 29(6): 395–402.
- Pit, J. y P. Southgate. 2003. Fouling and predation; how do they affect growth and survival of the blacklip pearl oyster, *Pinctada margaritifera*, during nursery culture? *Aquacult. Int.* 11: 545–555.
- Pollock, L.W. 1998. A practical guide to the marine animals of northeastern North America. Rutgers University Press, New Brunswick, NJ.
- Quayle, D. 1980. Tropical oysters: Culture and Methods. In IDRC. Ottawa, Ont. 80 p.
- Railkin, A. 2004. Marine Biofouling: colonization processes and defenses. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 141 : 1 – 9.
- Robinson, A., A. Cohen, B. Lindsey y L. Grenier. 2011. Distribution of Macroinvertebrates Across a Tidal Gradient, Marin County, California. *San Francisco Estuary and Watershed Science*, 9(3).
- Rodriguez, L. y S. Ibarra-Obando. 2008. Cover and Colonization of Commercial Oyster (*Crassostrea Gigas*) shells by fouling organisms in San Quintin Bay, Mexico. *J. Shellfish Res.* 27(2): 337–343,
- Sarkis, S. 2007. Installation and operation of a modular bivalve hatchery. A. Lovatelli (ed.), FAO Fisheries Technical Paper No. 492. FAO, Rome, Italy.
- Sasikumar, N., S. Clare, D. Gerhart, D. Stover y D. Rittschof. 1995. Comparative toxicities of selected compounds to nauplii of *Balanus amphitrite amphitrite* Darwin and *Artemia* sp. *Bull Environ Contam Toxicol.* 54 (2): 289-296.
- Tolley, G., A. Volety y M. Savarese. 2005. Influence of Salinity on the Habitat Use of Oyster Reefs in Three Southwest Florida Estuaries. *Journal of Shellfish Research* Jan 2005 Vol. 24, Issue 1, pg(s) 127-137.
- Tomaru, Y., K. Zenichiro y N. Shinichi. 2001. Mass mortality of the Japanese pearl oyster *Pinctada fucata martensii* in relation to water temperature, chlorophyll *a* and phytoplankton composition. *Dis Aquat Org.* Vol. 44: 61–68, 2001.
- Uriarte, I. 2008. Estado actual del cultivo de moluscos bivalvos en Chile. En Lovatelli, A; Farias, A; Uriarte, I. Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyeccion futura: factores que afectan su sustentabilidad en America Latina. Taller Tecnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. FAO Actas de Pesca y Acuicultura. No. 12. Roma, FAO. 61-75.
- Uriarte, I., A. Lovatelli, A. Farías, M. Astorga, C. Molinet, M. Medina, M. Avendaño, C. Lodeiros, L. Velasco, G. Rupp, J. Cáceres-Martínez, J. Mendo. 2007. Cultivo y

- manejo de moluscos bivalvos en América Latina: resultados y conclusiones del primer taller – ACUIBIVA 2007. En Lovatelli, A; Farias, A; Uriarte, I. Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. FAO Actas de Pesca y Acuicultura. No. 12. Roma, FAO. 1–23.
- Valdez-Holguín, J. 1994. Variaciones Diarias de Temperatura, Salinidad, Oxígeno Disuelto y Clorofila *a* en una Laguna Hipersalina del Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 20(2): 123-137.
- Villalba-Atondo, A., y J. Pizzani. 1991. Características edáficas de los suelos de transición en la laguna costera La Cruz, Sonora, México. Res. I Congr. Latinoamer. en Admón. de la Zona Costera.
- Villarreal, E., E. Buitrago y C. Lodeiros. 2004. Identificación de factores ambientales que afectan al crecimiento y la supervivencia de *Crassostrea rhizophorae* (Mollusca: Bivalvia) bajo condiciones de cultivo suspendido en el golfo de Cariaco, Venezuela. *Revista Científica*. 15(1). Febrero 2004. Universidad del Zulia, Venezuela.
- Virabhadra Rao, K. 1950. Observations on salinity on the setting of the Indian Backwater Oyster: the probable effects of spawning and development. Central Marine Fisheries Research Station, Mandapam Camp. August 1950.
- Wahl, M. 1989. Marine epibiosis, Fouling and antifouling: some basic aspects. *Mar. Ecol. Prog. S.* 58: 175-189.
- Wasson, K., K. Fenn y J. Pearse. 2005. Habitat differences in marine invasions of central California. *Biol Invasions*. 7: 935–948
- Wrange, A., J. Valero, L. Harketstad, Ø. Strand, S. Lindegarth, T. Christensen, P. Dolmer, P. Kristensen y S. Mortensen. 2010. Massive settlements of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, in Scandinavia. *Biol Invasions*. 12:1145–1152.
- Yan, T., W. Yan, G. Liang, Y. Dong y Y. Wang. 2000. Marine Biofouling in Offshore Areas South of Hainan Island, Northern South China Sea. *Chin. J. Oceanol. and Limn.* 18(2):132-139.
- Zhenxia, S., X. Hui, Y. Yan y H. Liangmin. 2008. Effect of Fouling Organisms on Food Uptake and Nutrient Release of Scallop (*Chlamys nobilis*, Reeve) Cultured in Daya Bay. *J. Ocean Univ. Chin.* 7(1):93-96.