

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS



CARACTERIZACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS APORTADOS
POR LAS COMUNIDADES BENTÓNICAS DE POLIQUETOS A LA
INDUSTRIA OSTRÍCOLA EN BAHÍA SAN QUINTÍN, BAJA CALIFORNIA.

TESIS
PARA OBTENER EL GRADO DE
LICENCIADO EN OCEANOLOGÍA
PERSENTA

ELIZABETH TOVAR CARVAJAL

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.

CARACTERIZACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS APORTADOS POR
LAS COMUNIDADES BENTÓNICAS DE POLIQUETOS A LA INDUSTRIA
OSTRÍCOLA EN BAHÍA SAN QUINTÍN, BAJA CALIFORNIA.

TESIS
PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADO EN OCEANOLOGÍA
PERSENTA

ELIZABETH TOVAR CARVAJAL

Aprobado por:



Presidente del Jurado
Dr. Roberto R. Enriquez Andrade



Sinodal propietario
Dr. Juan Guillermo Vaca Rodriguez



Sinodal Propietario
M.C Francisco Ley Lou

Resumen

Una buena gestión medioambiental es imprescindible en el desarrollo sostenible de la acuicultura en San Quintín, ya que de ello dependerá el futuro de la industria y por tanto la estabilidad económica de la región, así como la integridad del ecosistema. Para lograr el desarrollo sustentable es fundamental reconocer el valor de los ecosistemas y los servicios que puedan proveer al ser humano, así como su comprensión y difusión en los diferentes sectores que lo integran, tales como el social, político, científico, económico, entre otros, de manera que los involucre para mejorar la toma de decisiones implicadas en el desarrollo, manejo y conservación del ecosistema.

La industria ostrícola es parte estratégica en la economía de la región. Desde 1973, se comenzó a cultivar extensivamente el ostión japonés (*Crassostrea gigas*) mediante la técnica de estantes. Esta actividad creció rápidamente debido a su éxito en los mercados local y extranjero. La industria ostrícola depende de manera importante en los servicios ecosistémicos que son generados por el capital natural que conforma Bahía San Quintín.

El objetivo de esta tesis es ampliar el conocimiento que se tiene de las funciones ecológicas de las comunidades bentónicas de poliquetos en Bahía San Quintín y de los servicios ecosistémicos que aportan a la industria ostrícola que ahí se desarrolla, evaluando la estructura de las comunidades de poliquetos y su capacidad de actuar como biofiltros.

De manera consistente con la hipótesis de trabajo, se encontró una diferencia significativa en la abundancia y diversidad de poliquetos, específicamente capitelidos, en aquellas estaciones en donde predomina la influencia de las sartas de ostiones respecto de aquellas alejadas de los cultivos. Lo cual sugiere que la presencia de estos organismos es el factor determinante encargado de la limpieza del bentos en Bahía San Quintín, en aquellas zonas donde la corriente no tiene gran impacto. Debido a las abundancias que presentan sus funciones de vida prestan servicios ecosistémicos tales como la remineralización, bioturbación, remoción de materia orgánica, entre otros. De ésta manera podemos decir que los poliquetos capitelidos prestan el servicio ecosistémico de limpieza en el bentos fundamental para el desarrollo de la industria ostrícola en la región.

Agradecimientos

A mi comité de tesis, Roberto Enríquez Andrade, Juan G, Vaca-Rodríguez y Francisco Ley Lou, por ser parte de éste proyecto, por el valioso tiempo invertido y por todas sus aportaciones que permitieron finalizar éste trabajo. Gracias por su paciencia y dedicación.

A la Dra. Victoria Díaz, por su gran aportación a este trabajo, por regalarme su tiempo y conocimiento para lograr la realización de esta tesis.

A la Universidad Autónoma de Baja California, especialmente a la Facultad de Ciencias Marinas, mi segunda casa.

A mis padres, María A. Carvajal y Felipe Tovar, por apoyarme en todo momento y en todas mis “ocurrencias”. Por impulsarme a seguir mis ideales y porque nunca me regalaron las respuestas, en cambio me dieron las herramientas necesarias para encontrarlas.

A mis hermanos, Gerardo y Stefanie Tovar, por estar a mi lado incondicionalmente y enseñarme las lecciones importantes de esta vida.

A Luis Mauricio Bravo Cortés, mi compañero y mejor amigo, quien sostuvo mi mano a lo largo de éste trayecto, por estar conmigo en las buenas, en las malas y en las mejores, por su amor y apoyo en esta etapa de mi vida.

A mis amigos, que cerca o lejos, siempre están presentes en mi corazón y me dan fuerza para seguir adelante.

A la familia Zertuche, por hacerme sentir como en casa durante mi estancia en Ensenada, por regalarme todo su cariño y tratarme como la cuarta hija.

Tabla de contenido

Resumen	ii
Agradecimientos	iii
Índice de tablas	v
Introducción	1
<i>Las Funciones Ecológicas y los Servicios Ecosistémicos de los Humedales.....</i>	<i>1</i>
<i>Servicios ecosistémicos para la ostricultura en Bahía San Quintín</i>	<i>4</i>
<i>El bentos (macrofauna): poliquetos, en el contexto de los servicios ecosistémicos</i>	<i>5</i>
<i>Objetivo.....</i>	<i>7</i>
<i>Hipótesis de trabajo</i>	<i>8</i>
Área de Estudio.....	9
Metodología.....	12
<i>Trabajo de campo.</i>	<i>12</i>
<i>Trabajo de laboratorio</i>	<i>13</i>
<i>Análisis estadístico</i>	<i>15</i>
<i>Análisis de Biodiversidad.....</i>	<i>16</i>
<i>Investigación documental y comunicaciones personales.....</i>	<i>16</i>
Resultados	19
Discusión.....	33
Conclusión	40
Bibliografía.....	41
Comunicaciones personales	48

Índice de tablas

Tabla 1. Grupos zoológicos: poliquetos, artrópodos, moluscos, equinodermos y misceláneos encontrados (individuos/ m²) en cada estación y su ubicación respecto de las sartas de ostión (BSQ significa que las estaciones se encuentran en el brazo Bahía San Quintín, lejos de las sartas).	20
Tabla 2. Densidad de cada familia de poliquetos (individuos/m²)	21
Tabla 3. Forma de vida y funciones ecológicas de cada una de las familias de poliquetos. En rojo se resaltan las funciones ecológicas que se consideraron importantes para la ostricultura.	22
Tabla 4. Resultados del Análisis sedimentario: granulometría, temperatura y potencial Redox.	27
Tabla 5. Contenido de materia orgánica para las distintas estaciones, según lo reportado por Daesslé-Heuser <i>et al.</i> (2009).	28
Tabla 6.- Análisis de varianza para las densidades de los organismos contenidos en las muestras de estaciones cercanas a las sartas de ostiones (Estaciones 6,7 y 8) comparadas con las muestras colectadas lejos de las sartas (Estaciones 10, 15 y 16).	29
Tabla 7.-Análisis de varianza entre estaciones ubicadas en Bahía Falsa y las de Bahía San Quintín.	30
Tabla 8.-Análisis de varianza para las estaciones con baja energía comparadas con las de alta energía (en Bahía Falsa).	31
Tabla 9. Índice de Diversidad de Simpson para organismos lejos de las sartas de ostiones contra organismos cerca de las sartas.	32

Introducción

Las Funciones Ecológicas y los Servicios Ecosistémicos de los Humedales

Existe un reconocimiento cada vez más generalizado de que los ecosistemas, incluyendo su biodiversidad, cumplen un papel primordial en la generación de bienestar humano, tanto desde el punto de vista de la subsistencia biológica como desde una perspectiva económica, social y cultural (MEA, 2005). Visto desde un enfoque de la ciencia económica, los ecosistemas son la fuente original de materiales y energía de los cuales se obtienen todos los bienes y servicios que satisfacen las necesidades y aspiraciones de los humanos, sin embargo en términos de sustentabilidad, a los ecosistemas se les ha dado un sentido más amplio, el de generadores de los servicios ecosistémicos (MEA, 2005). Para que estos servicios se puedan generar es necesario que los ecosistemas mantengan sus características y funciones ecológicas más o menos intactas. En México es partir de la publicación del Estudio País (Sarukhán, 2006), coordinado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), que toma fuerza el interés por el análisis de los servicios ecosistémicos. En ese estudio se realizó un primer esfuerzo para describir y establecer los principales servicios que proveen los ecosistemas de nuestro país (Balvanera-Levy y Cotler, 2007).

De Groot (1992) define a las funciones ecológicas como “...todos los aspectos de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas con capacidad de generar servicios que satisfagan necesidades humanas de forma directa o indirecta”. Así, los bienes y servicios derivados de las funciones ecológicas pasan a ser un eslabón entre la ecología y la economía (Gómez-Baggethun y de Groot, 2007). King (1997), por su parte define a las funciones ecosistémicas (o ecológicas) como los procesos biológicos, geoquímicos y físicos que ocurren en los ecosistemas y que permiten su existencia. Señala que las funciones ecológicas, de acuerdo a su definición, son críticas para la sustentabilidad de los ecosistemas y la biodiversidad pero su existencia no depende de las necesidades y aspiraciones de los humanos. Por su parte los servicios ecosistémicos son construcciones antropocéntricas que si bien provienen de las funciones de los ecosistemas su valor depende de las preferencias de los humanos.

El concepto de “servicios” aplicado para aquellos ofrecidos por los ecosistemas hacia las poblaciones humanas surge, a finales de los años setenta, a raíz de los movimientos ambientalistas (Mooney y Ehrlich, 1987 en Balvanera-Levy y Cotler, 2007). Época en la cual se hace notorio el deterioro ambiental, y surge la necesidad de cuestionarse acerca de la capacidad del planeta para sustentar las crecientes necesidades de las poblaciones humanas. Como consecuencia surge la necesidad de comunicar a los tomadores de decisiones y al público en general la importancia que representa para el bienestar humano el mantenimiento de las funciones ecológicas de los ecosistemas (Balvanera-Levy y Cotler, 2007). Quetier *et al.* (2007) comentan que el concepto de servicios ecosistémicos se popularizó con la publicación de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio en 2005. En este diagnóstico, se les define como los beneficios que proveen los ecosistemas a los seres humanos y que contribuyen a hacer la vida no sólo físicamente posible sino también digna de ser vivida. Con el propósito de hacer más preciso el concepto de servicios ecosistémicos, Boyd y Banzhaf (en Balvanera-Levy y Cotler, 2007) los definen como “los componentes de la naturaleza que son consumidos, disfrutados o que contribuyen al bienestar humano. Esta relación puede ser directa o indirecta, y los seres humanos pueden o no estar conscientes de su existencia”. Es esta última conceptualización de los servicios ecosistémicos la que se adopta como su definición en esta tesis.

El principal desafío que enfrenta el estudio de los servicios ecosistémicos radica en el desarrollo de indicadores adecuados para que se dé una buena comprensión y cuantificación del vínculo entre los ecosistemas, sus funciones y el desarrollo económico, esto con el fin de apoyar a los tomadores de decisiones (Kremen, 2005; Boyd y Banzhafen Quetier, 2007). Para ello es fundamental reconocer el valor económico de los ecosistemas y los servicios que puedan proveer al ser humano, así como su comprensión y difusión, en los diferentes sectores, tales como el social, político, científico, económico, entre otros.

El aprovechamiento de los ecosistemas para actividades económicas genera cambios en sus propiedades ecológicas (incluyendo su biodiversidad) que pueden afectar la capacidad de los ecosistemas de proveer los servicios ecosistémicos en el futuro. Este hecho es más evidente en ecosistemas valiosos pero frágiles que son amenazados por diversas actividades humanas. Los humedales son un claro ejemplo de éste tipo de ecosistemas, al ser sistemas de alta complejidad, cualquier modificación o alteración del medio puede desatar largas

cadena de consecuencias (Levin, 1999 en Rodríguez-Cardozo, 2007) que se traducen en la depreciación del valor de sus servicios ecosistémicos.

Los humedales son zonas de gran importancia, entre ellos se encuentran algunos de los ecosistemas más productivos del mundo, tanto por sus características estructurales como por sus funciones ecológicas. Son cunas de diversidad biológica que suministran el agua y la productividad primaria de la cual depende la supervivencia de innumerables especies de plantas y animales. Albergan grandes concentraciones de especies de aves, mamíferos, reptiles, anfibios, peces, invertebrados y flora. Incluyen una gran variedad de tipos de hábitat, entre ellos ríos, lagos, albuferas costeras, manglares, turberas e incluso arrecifes de coral. (Lambert, 2003). La Convención Ramsar relativa a los humedales de importancia internacional los define como extensiones de marismas, pantanos o turberas cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros (Barbier *et al.* 1997).

En el reporte de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MLE, 2005) se señala que los humedales pueden ofrecer una amplia gama de bienes y servicios incluyendo entre otros: alimento, agua de calidad, madera y combustibles, productos bioquímicos, material genético, control de contaminación y desintoxicación, protección contra procesos erosivos y peligros naturales, oportunidades de recreación, relajación, educación, paisaje y formación de suelos para agricultura. Baker y Maltby, (1995) señalan que los humedales tienen la capacidad de regular la calidad del agua, pues eliminan toxinas y el exceso de nutrientes. Esto da origen a un servicio ecosistémico que es de particular interés en esta tesis: la capacidad de remover y/o transformar materia orgánica de origen antropogénico lo cual juega un papel importante en el mantenimiento de la calidad del agua para la acuicultura.

Los procesos, funciones y ciclos que realiza el humedal para mantener la calidad del agua son muy diversos, presentan atributos que tienen influencia sobre el flujo de sustancias químicas que pasan a través de ellos, hayan sido agregados de manera natural o artificial (Sather y Smith, 1984). Mediante la interacción de procesos aeróbicos y anaeróbicos muy próximos entre sí, se promueve la desnitrificación, la precipitación y otras reacciones

químicas que remueven los nutrientes del agua (Mitsch y Gosselink, 2000). Las altas tasas de productividad en la mayoría de los humedales, resultan en altas tasas de consumo de minerales por la vegetación de la región y el hundimiento de sedimentos cuando dichas plantas mueren. Al ocurrir esto se promueven las poblaciones de descomponedores y los procesos de descomposición que realizan estos organismos y al existir un contacto importante del agua superficial con el sedimento debido a aguas muy someras, proporciona un fuerte intercambio entre el sedimento y el agua, generando turba orgánica la cual provoca que los nutrientes se entierren constantemente y exista una mayor disponibilidad de alimento para la vegetación y los organismos presentes (Mitsch y Gosselink, 2000).

Servicios ecosistémicos para la ostricultura en Bahía San Quintín

En la costa occidental de Baja California se encuentra la Bahía San Quintín que es un humedal costero especialmente interesante debido a su importancia ecológica. Presenta características hidrográficas y sedimentarias muy particulares. Las surgencias que se lleva a cabo en el océano adyacente la abastecen de nutrientes por lo que presenta una alta productividad y diversidad de especies (Díaz-Castañeda *et al.*, 2005). Resguarda una gran cantidad de recursos naturales amenazados, los cuales son piezas fundamentales en la vinculación de los ecosistemas costeros y las comunidades humanas por el aporte económico a la agricultura, la acuicultura y el turismo, parte importante de la economía regional en San Quintín.

En Bahía San Quintín, especialmente en el brazo conocido como Bahía Falsa, se ha desarrollado la industria ostrícola. Esta actividad, que inició en 1973, año en que se comenzó a cultivar extensivamente el ostión japonés (*Crassostrea gigas*) usando la técnica de estantes (De la Rosa Vélez, *et al.*, 1991; Rodríguez-Cardozo, 2007; Tapia-Vázquez *et al.*, 2008). Se estima que en el año de 1999, la producción anual de bivalvos era de alrededor 2500 toneladas métricas, siendo la laguna explotada solo en un 40% de su capacidad, excediendo dos millones de dólares en valor (Aguirre *et al.* 1999 en Anónimo, 2007). En 2003, Bahía Falsa mantenía alrededor de nueve mil estantes de cultivo a lo largo del cuerpo de 730 hectáreas concesionadas o permissionadas a 21 empresas ostrícolas (Héctor González, com. pers., Acuacultores de San Quintín en García-Esquivel *et al.*, 2003).

Aunque se cultivan otros moluscos, el ostión japonés, también conocido como ostión del Pacífico, es la principal especie. La ostricultura es económicamente rentable debido a la alta productividad del sistema costero, ya que no es necesario adicionar alimento de manera artificial. La bahía y el mar adyacente, fertilizados por las surgencias, producen y distribuyen (por medio de las corrientes de marea) el alimento necesario para estos organismos filtroalimentadores. Se aprovechan canales y zonas de entre mareas, especialmente en Bahía Falsa, para que la disposición de las sartas de ostiones sea óptima en el aprovechamiento de los nutrientes presentes (Delgado-González, 2010; Tapia-Vázquez *et al.*, 2008; Rodríguez-Cardozo, 2007).

El bentos (macrofauna): poliquetos, en el contexto de los servicios ecosistémicos

Además del suministro natural de alimentos, la capacidad de auto limpieza que tienen el ecosistema es también un servicio ecosistémico de importancia para la ostricultura. Esto último aunado a la poca actividad antropogénica existente alrededor de la laguna ha permitido que las aguas donde se realiza la ostricultura estén certificadas por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (<http://www.cofepris.gob.mx>). Además Bahía Falsa ha sido certificada para la exportación de moluscos bivalvos (<http://www.cesaibc.org>). Lo anterior ha sido de enorme importancia ya que de no existir la capacidad de auto limpieza la acumulación de materia orgánica en el fondo debajo de los cultivos podría tener consecuencias negativas en el ecosistema, la calidad del agua y la viabilidad de la industria.

Cuando la ostricultura sobrepasa la capacidad de auto limpieza de un cuerpo lagunar se presenta un gran impacto en el medio ambiente, debido a la gran disposición de materia orgánica producida principalmente por la excreción de los organismos que son cultivados. Las variaciones de la materia orgánica en el sistema, conllevan condiciones fisicoquímicas en el sedimento poco favorables, ocasionan una reducción de la diversidad biológica (Vita *et al.* 2002) y eventualmente se torna tóxico por el efecto del exceso de materia orgánica y la presencia de fondos anóxicos. Este deterioro en la calidad del agua se ve reflejado directamente en la calidad de los productos de la acuicultura. Cho y Park (1983) discuten casos de cultivos de ostión en Corea que fracasaron por la eutrofización, y Escofet (1989)

afirma que la calidad del agua es el parámetro más importante en el mantenimiento de un cultivo de ostión en Bahía Falsa.

Enríquez-Andrade (2010) señala que hay al menos dos procesos en Laguna San Quintín que ayudan a limpiar los residuos orgánicos producto de los cultivos, uno está dado por las corrientes y mareas que facilitan el intercambio de agua con el océano y el segundo es la biofiltración que se lleva a cabo en el bentos. Sin embargo se desconoce la importancia relativa de ambos mecanismos. Es de particular interés en este trabajo analizar el papel que juegan las comunidades bentónicas de la bahía para mantener la calidad del agua requerida para que la industria pueda seguir produciendo bivalvos de calidad para consumo humano y su exportación, siendo esta una fuente importante de ingreso para la comunidad de San Quintín.

La hidrodinámica de la zona al presentar una marcada tendencia en la dirección y la velocidad de las corrientes, al ser de gran intensidad representa uno de los posibles mecanismos por medio de los cuales la bahía mantiene la limpieza y por tanto la calidad del agua. Lo anterior contribuye al éxito de la industria ostrícola que ahí se desarrolla, ya que al conservar la certificación de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (<http://www.cofepris.gob.mx>) es posible contar con producto de exportación a nivel internacional.

El término bentos, proveniente del griego que significa “fondo marino” y denomina a la comunidad formada por los organismos vegetales y animales que habitan el fondo de los ecosistemas acuáticos. Involucra tanto al sedimento en el fondo marino como a los organismos que viven dentro y directamente sobre él. Su importancia reside en que el medio constituye la principal fuente de biodiversidad en el planeta, más del 90% de las especies presentes en el océano, tanto de fauna como de la macro-flora, viven estrechamente relacionadas a él (Rodríguez-Villanueva y Martínez Lara-Aguilar, 2007).

En general se sabe que el fitobentos y el zoobentos (la flora y fauna del bentos) contribuyen de manera importante a mantener la calidad del medio ya que unen y remueven partículas y contaminantes, tanto de la columna de agua como de los sedimentos (del bentos), y son parte integral de la estética de los paisajes marinos, lo cual enriquece el espíritu humano. Las comunidades bentónicas de macroinvertebrados suelen ser utilizadas como indicadores

de la calidad del agua en cuerpos de agua costeros, lo que constituye un servicio ecosistémico adicional, a los ya mencionados, para la ostricultura en San Quintín. Por medio de cambios en estas comunidades se pueden detectar condiciones de contaminación del medio ambiente que no son detectables a través de simples análisis químicos o que resultan demasiado costosos. Las comunidades sésiles o con poca movilidad, también permiten observar cambios temporales en el sistema, tanto a largo como a corto plazo y con costos relativamente bajos (Montagna *et al.* 2007).

Por su importancia para la función de limpieza del agua, dentro de las comunidades del bentos, destacan los anélidos poliquetos (Kinoshita *et al.* 2008; Diaz-Castañeda *et al.* 2005; Giangrande *et al.* 2005; Licciano *et al.* 2005; Levin *et al.* 1997). Tanto en número de especie como en número de individuos los poliquetos constituyen alrededor del 70% del bentos en lagunas costeras (Bernard 1970, Calderón-Aguilera y Jorajuría-Corbo 1986 en Díaz-Castañeda 2005). Además, estos organismos realizan una gran cantidad de funciones que los hace importantes para el sistema béntico en su condición de indicador ambiental, así como en la cadena trófica, ya que pueden actuar como presas o depredadores, y sus hábitos alimenticios y de vida son diversos. Algunos poliquetos filtradores remueven el material particulado al ingerirlo como alimento; otros organismos, principalmente tubícolas y excavadores, pueden enterrar la materia orgánica (carbono) proveniente de algas y material inorgánico a diferentes profundidades en la columna sedimentaria, con lo cual promueven el transporte de sedimento y así propician que la materia orgánica relativamente fresca este disponible al poco tiempo de ser depositada.

Objetivo

El objetivo de esta tesis es analizar las diferencias en las comunidades bentónicas de poliquetos, y de sus funciones ecológicas, respecto de su ubicación con los ostricultivos en San Quintín, Baja California.

Objetivos Particulares

- Identificar los grupos zoológicos principales presentes en el bentos de la bahía.
- Determinar la diferencia en abundancia de poliquetos con respecto a la ubicación que presentan

- Determinar la diferencia en diversidad de los grupos zoológicos presentes en el bentos.
- Describir la forma de vida y las principales funciones ecológicas de las familias de poliquetos presentes en las muestras del bentos; haciendo énfasis en la relación que presentan con la biorremediación.
- Analizar la composición sedimentológica y su relación con la energía de las corrientes en el cuerpo de agua.
- Analizar el contenido de materia orgánica en el bentos.

Hipótesis de trabajo

Partiendo del hecho que Bahía Falsa es un cuerpo de agua certificado para la producción y exportación de bivalvos; y de que no se realizan esfuerzos activos por parte de los ostricultores para limpiar por medios artificiales el agua de la bahía, el mantenimiento de la calidad del agua debe darse entonces de forma natural, como un servicio ecosistémico. Al menos dos procesos parecen estar involucrados. Primero el intercambio de agua entre la bahía y océano Pacífico propiciado principalmente por las mareas, proceso que también es responsable de introducir la fuente de alimento para los ostiones (Delgado-González et al., 2010). El segundo proceso es la biorremediación que se da principalmente por organismos bentónicos. Este segundo proceso es el tema de análisis en esta tesis. De acuerdo a lo anterior se plantean las siguientes hipótesis de trabajo: (1) la composición de las comunidades bentónicas es distinta donde se cultiva los ostiones respecto de las zonas alejadas de los cultivos; (2) la abundancia de organismos bentónicos biorremediadores es mayor en zonas directamente debajo o adyacentes a los cultivos, (3) la abundancia de biorremediadores en las zonas debajo o cercanas a los cultivos es mayor en donde la velocidad de la corrientes es baja.

Área de Estudio

Bahía San Quintín se encuentra en la costa oeste del estado de Baja California entre los paralelos $30^{\circ} 24'$ y $30^{\circ} 30'$ latitud Norte y los meridianos $115^{\circ} 57'$ y $116^{\circ} 01'$ longitud Oeste. Es de origen tectónico contemporáneo, que emergió en el Pleistoceno (Almeida, 1998). Se encuentra en una región templada con clima mediterráneo y seco, que presenta una precipitación anual promedio de 150 mm y una evaporación anual promedio de 1400mm, el 90% de las lluvias ocurre en octubre y marzo (Díaz-Castañeda et al., 2005). Existe poco aporte de sedimento y agua del continente, debido a que el cauce del arroyo San Simón, el único que descarga en la bahía, se encuentra seco la mayor parte del año, por lo que solo en años muy húmedos, por ejemplo en condiciones de El Niño, se tiene aporte significativo (Daesslé-Heuser et al. 2009).

Bahía San Quintín es una laguna costera en forma de Y (Figura 2), con una sola boca al pie de la Y y dos brazos: el brazo este conocido como Bahía San Quintín y el brazo oeste o Bahía Falsa. Bahía Falsa es una zona muy somera, cuyo canal principal tiene en promedio cuatro metros de profundidad. En el brazo este, Bahía San Quintín, el canal principal tiene en promedio ocho metros de profundidad (Monreal-Gómez, 1980). Existe una conexión con el océano Pacífico a través de un tómbolo de dunas y playas de arena el cual forma una boca relativamente estrecha (alrededor de un kilómetro) cuya profundidad máxima es de aproximadamente 16 metros (Angulo-Larios, 2006; Daesslé-Heuser et al., 2009). La bahía cubre un área aproximada de 42 km^2 de los cuales el brazo San Quintín ocupa el 60%, con una profundidad media de dos metros, tiene una amplitud de marea de 2.4 m durante las mareas vivas y presenta mareas mixtas. Algunos autores reportan que la temperatura del agua varía entre $11-22^{\circ}\text{C}$ en la boca y tiene un promedio de 13.27°C al final del brazo este (Álvarez-Borrogo y Álvarez-Borrogo, 1982; Daesslé-Heuser et al., 2009). Debido a lo somero de algunas zonas, éstas se encuentran sujetas a un intenso calentamiento que crea gradientes de temperatura causante de cambios en la densidad y corrientes (Angulo-Larios, 2006). Gran parte de la bahía presenta corrientes de fondo del orden de 10 cm/s con dirección preferencial hacia el interior de la bahía y moduladas principalmente por la marea. Hacia la superficie las corrientes presentan una magnitud alrededor de 30cm/s con

dirección preferencial al sur-este y son influenciadas por el viento, principalmente (Flores-Vidal, 2006).

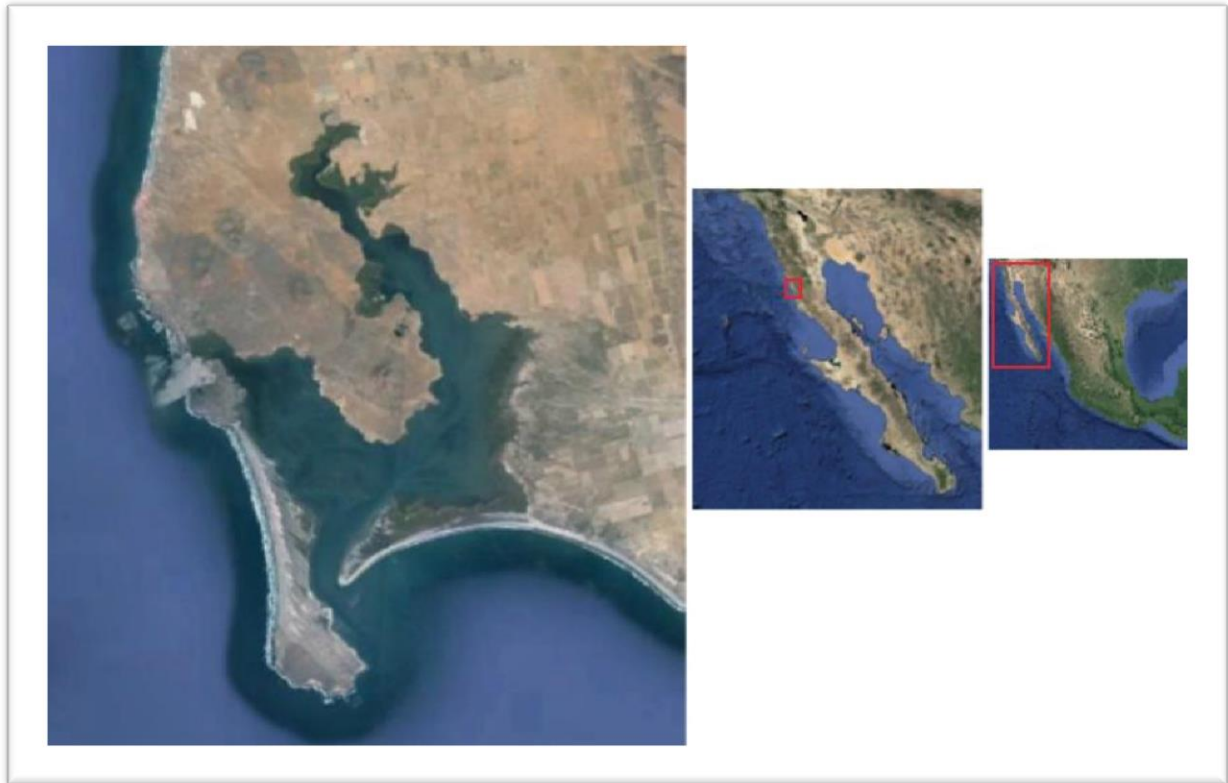


Figura 1. Localización del área de estudio. Bahía San Quintín, Baja California, México. (Imágenes tomadas de Google Earth ® 2013).

Los vientos dominantes provienen del Noroeste con variación diurna, en un régimen predominante de brisas marinas durante el verano principalmente (Juárez-Villareal, 1982). Bahía San Quintín se encuentra influenciada por las surgencias costeras del Sistema de la Corriente de California (Millán-Núñez *et al.*, 1982). Una de las características del área oceánica adyacente a la laguna es que el efecto de la circulación oceánica se suma al de los vientos para producir un intenso fenómeno de surgencias, éste fenómeno es mayor entre mayo y agosto (Álvarez-Borrego, 2004; Díaz-Castañeda *et al.*, 2005).

Bahía San Quintín puede ser clasificada como un estuario inverso donde la salinidad se incrementa de la boca hacia su interior debido a la elevada tasa de evaporación y la ausencia de precipitación pluvial y escurrimientos superficiales (Álvarez-Borrego, 1975; Millán Núñez *et al.*, 1982 y Camacho-Ibaret *et al.*, 1999). El sedimento de Bahía San Quintín está compuesto principalmente de limo arenoso y arcillas, siendo las arcillas 20% más

abundantes en la cabeza de ambos brazos y un punto localizado en el sur del brazo este. Los lodos (arcillas y limos) se encontraron principalmente en aguas someras, tanto en las cabezas de los dos brazos, así como en el centro de Bahía San Quintín. Las arenas se encuentran cerca de la boca de la bahía en dirección hacia el océano a lo largo de los canales de marea más profundos y de manera adyacente a las dunas y la playa de la barra de arena que divide a la bahía del océano Pacífico. En la zona cercana a la descarga del arroyo San Simón se tienen arenas arcillosas (Daesslé-Heuseret *al.* 2009).

Metodología

Trabajo de campo.

Con el propósito de analizar las diferencias en la composición de las comunidades bentónicas de poliquetos en las áreas directamente debajo o adyacentes a los cultivos de ostiones respecto de las zonas alejadas de los cultivos; el 25 y 26 de febrero del 2010 se llevó a cabo un muestreo en sitios seleccionados de ambos brazos de la Bahía San Quintín. En total se muestrearon 20 estaciones de las cuales 16 se localizaron en Bahía Falsa, tres en el brazo San Quintín y una cercana a la boca que conecta a la laguna con el mar (Figura 2). Por razones de tiempo se seleccionaron solo seis estaciones para este estudio.

Las estaciones fueron designadas en el campo de manera que se obtuvieran muestras debajo de las sartas de ostiones; adyacentes, es decir, de 30 a 100m de las sartas y en zonas alejadas de las mismas, apartadas a más de 100m. En la medida de lo posible se buscaron sitios en donde el lecho marino tuviese características sedimentológicas similares y en donde la influencia de parches grandes de algas no estuviese presente. Para recolectar las muestras del bentos se realizaron recorridos en lancha; se georeferenció cada estación por medio de un GPS marca *eTrex* con un rango de exactitud de entre uno y cinco metros y se lanzó una draga manual Petite Ponar (Figura 3) con una cobertura de 0.0225m² por lance, para obtener sedimento del fondo marino. Posteriormente se midió la temperatura con un termómetro con un error instrumental $\pm 1 - 1.5^{\circ}\text{C}$ y el potencial redox Eh (mV), insertando en el sedimento el electrodo Ingold acoplado a un potenciómetro de terreno, inmediatamente después de salir del agua para evitar alteraciones por el contacto con la atmósfera. Del sedimento extraído, se tomó una fracción y se guardó en dos bolsas de plástico herméticamente selladas, las cuales fueron congeladas a -20°C para su preservación; más tarde estas muestras se procesaron para cuantificar el contenido de materia orgánica (MO) y la granulometría. El sedimento restante en la draga se pasó por un tamiz de 1mm de luz de malla, se lavó con agua de la laguna con ayuda de una bomba peristáltica. Los organismos retenidos en el tamiz fueron colocados en frascos y fijados con una solución de formol al 7%, neutralizado con borato de sodio.

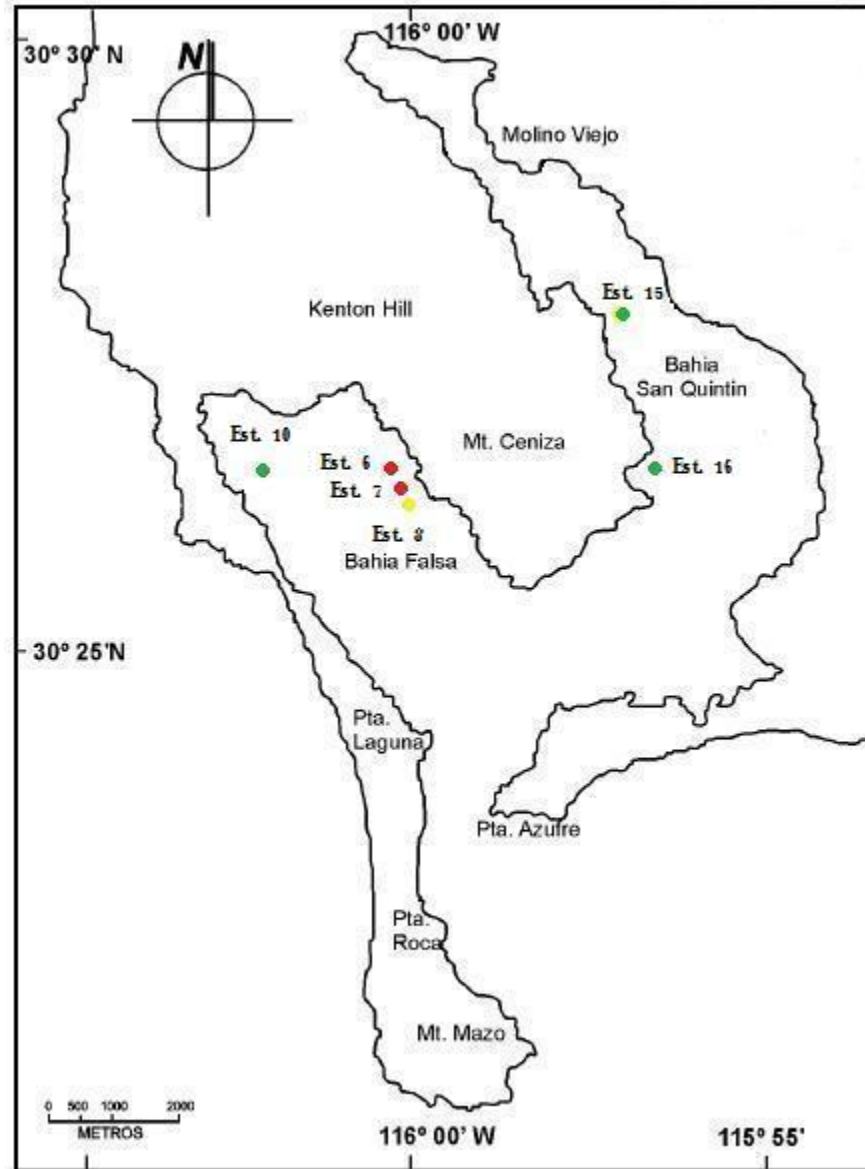


Figura 2. Estaciones muestreadas y analizadas. En color verde aquellas alejadas de las sartas de ostiones, en amarillo las adyacentes y en rojo las que se encuentran debajo de las sartas.

Trabajo de laboratorio

Las muestras a analizar se seleccionaron de tal manera que presentaran profundidades de máximo 5 m (Figura 2) y que sus características sedimentarias fuesen similares. Las características granulométricas del sustrato se caracterizaron inicialmente usando el trabajo

de Daesslé-Heuseret *al.* (2009), esto con el fin de hacer la selección inicial de las muestras, posteriormente se realizó un análisis granulométrico. De las estaciones seleccionadas, dos (15 y 16) corresponden a Bahía San Quintín (lejos de ostrícultivos) y las restantes a Bahía Falsa. De estas últimas, las estaciones 6 y 7 se ubican directamente debajo de las sartas de ostiones, la estación 8 adyacente a ellas (entre 30 y 100m de distancia) y la estación 10, lejos (más de 100m) de las sartas. En el laboratorio se separaron los organismos en grandes grupos: poliquetos, crustáceos, moluscos, equinodermos y diversos (incluye todos los organismos encontrados que no pertenezcan a los cuatro grupos anteriormente mencionados).



Figura 3. Draga Petite Ponar utilizada para el muestreo.

Las muestras obtenidas en el campo y preservadas se lavaron con agua corriente usando un tamiz de 0.5 y de 1mm para eliminar el sedimento excedente y se transfirieron a etanol al 70%. La totalidad del material retenido de cada muestra se observó bajo el microscopio estereoscópico Leica Wild M10 y se separó en diferentes grupos. De acuerdo al objetivo de este trabajo se analizó a mayor detalle el grupo de los anélidos poliquetos, por tanto se procedió a identificarlos a nivel de familia. Se utilizaron las claves de identificación de Fauchald (1977) y las de León-González y colaboradores (2009).

La distribución del tamaño de grano se obtuvo mediante una analizador láser/tungsteno de partículas, HORIBA LA910, y el porcentaje del tamaño de las arenas ($> 62.5\mu\text{m}$), limos ($4-62.5\mu\text{m}$) y arcillas ($<4\mu\text{m}$), de acuerdo a la metodología descrita por Daesslé-Heuser *et al.* (2002). Para la determinación de materia orgánica (M.O.) se secaron las muestras en una estufa a 60°C durante 24 horas. Posteriormente se colocaron en navecillas de porcelana y se pesaron en una balanza analítica con una precisión de 0.0001gr. A continuación se sometieron a un proceso de calcinación en una mufla a 500°C durante 3 horas para obtener la cantidad de materia orgánica perdida por incineración, expresada en porcentaje (Byers *et al.* 1978). Se utilizó un material de referencia (MAG-1) de sedimento marino del United States Geological Survey (USGS) con un contenido de carbono al 2.15%. Para calcular el error y de tal forma poder eliminarlo, se realizó una réplica de la estación 8, con esto se buscó mejorar la precisión del método. Sin embargo los resultados obtenidos no pudieron ser usados debido a fallas en el equipo, por lo que se realizó una investigación documental para obtener datos de carbono orgánico.

Análisis estadístico

Se realizaron tres análisis estadísticos con el fin de comparar las diferentes condiciones en las cuales se obtuvieron las muestras del bentos, y así determinar si la abundancia de poliquetos es significativamente diferente en cada una de ellas. En todos los casos se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) de una vía para muestras independientes, para determinar si los valores obtenidos son significativamente diferente entre sí (www.vassarstat.net).

En el primer análisis se compararon las estaciones que se encuentran cerca de las sartas (estaciones 6, 7 y 8) contra aquellas que se encuentran lejos (estaciones 10, 15 y 16) de las sartas de ostiones. En el segundo, para determinar la diversidad de especies entre las zonas

que han sido explotadas, es decir Bahía Falsa en comparación con el medio en donde no se tienen ostricultivos, Bahía San Quintín, se compararon las estaciones 6, 7, 8, 10 contra las estaciones 15 y 16. Finalmente, para comprar el efecto de las corrientes sobre las poblaciones de poliquetos, se realizó una comparación de las estaciones que se encuentran sobre las sartas de ostiones, donde la diferencia es si se encuentran en una zona de alta energía (estaciones 8 y 6) contra aquella que se encuentra en una zona de baja energía (estación 7).

Análisis de Biodiversidad

Se realizó un análisis de biodiversidad para las familias de poliquetos que se encuentran debajo de las sartas de ostiones, y a su vez se analizó la biodiversidad para aquellas familias presentes en las zonas libres de sartas con el afán de realizar un comparación entre ambas.

Para esto se utilizó el índice de diversidad de Simpson (Simpson, 1949), el cual nos permite conocer la similitud entre las dos localidades analizadas, para esto se obtuvo la Dominancia por medio de la formula:

$$\lambda = \frac{\sum n_i(n_i-1)}{N(N-1)}$$

Y el índice de diversidad de Simpson se calculó con la formula:

$$D_s = 1 - \lambda$$

Investigación documental y comunicaciones personales

Para describir la forma de vida y principales funciones ecológicas de las familias presentes en las muestras del bentos se recurrió a una búsqueda de información bibliográfica y entrevistas de consulta con especialistas. La información se obtuvo en Internet y las bibliotecas de la Universidad Autónoma de Baja California, campus Ensenada y la del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada. Algunos documentos fueron facilitados por investigadores a los cuales también se les consultó personalmente. Dentro de los trabajos previamente realizados que aportaron información a este estudio destacan los Daesslé-Heuser *et al.* (2009); Delgado-González *et al.* (2007); Díaz-Castañeda *et al.* (2005); Díaz-Castañeda y Reish (2009); Tapia-Vázquez *et al.*, (2008), Fauchland (1977); León-González *et al.* (2009). y Beesley *et al.* (2000). Por medio

de esta recopilación de trabajos se obtuvo información acerca de las condiciones biogeoquímicas de la laguna San Quintín, de los principales factores meteorológicos y oceanográficos que la afectan, así como de las condiciones de la industria ostrícola que ahí se desarrolla. Es importante mencionar que debido a las fallas en el equipo la información acerca del carbono orgánico se obtuvo por medio de lo reportado por Daesslé-Heuser *et al.* (2009) y Díaz-Castañeda *et al.* (2005).

La profundidad se estimó por medio de mediciones *in situ* y se reforzó con información proporcionada por el Dr. Adán Mejía Trejo (comunicación personal, 2010), quien desarrolló un programa para Google Earth ® (Mejía-Trejo, 2010) para estimar la profundidad de la Bahía y así definir el comportamiento de la velocidad de las corrientes en las zonas de interés (Figura 4).

Se buscaron documentos (Fauchland & Jumars, 1979; Beesley *et al.*, 2000; Díaz-Castañeda & Reish, 2009; Giangrande *et al.*, 2005; Roder, 1971; Rouse & Pleijel, 2001; Day, 1963; Dorgan *et al.*, 2006; Nicol, 1930) y se realizaron entrevistas con la Dra. Victoria Díaz Castañeda para obtener información para identificar y describir las muestras biológicas extraídas de la laguna, específicamente de los poliquetos; así como asociar los ensamblajes encontrados con las funciones ecológicas que realizan, y así los servicios ecosistémicos aportados al medio.

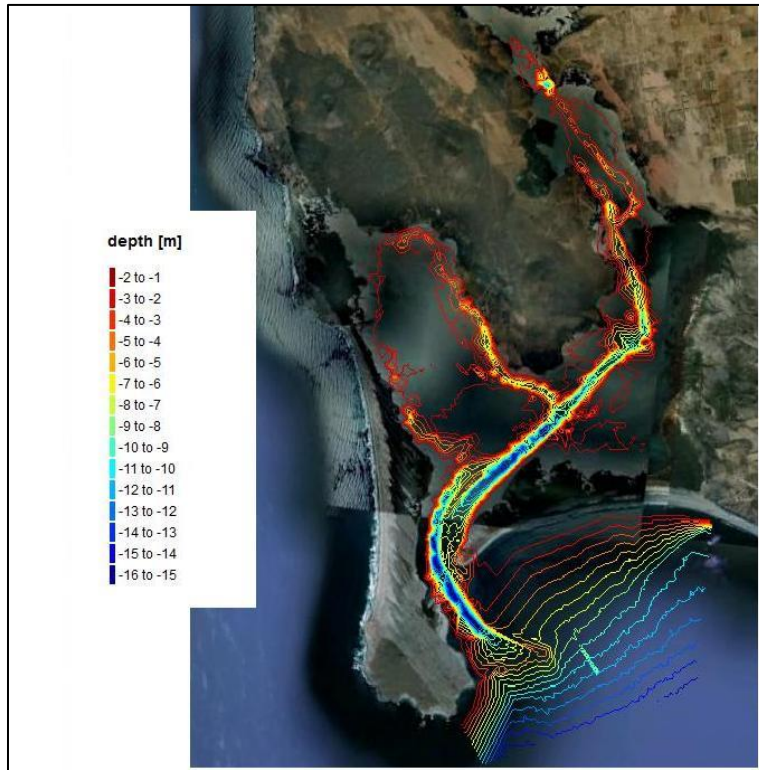


Figura 4.- Imagen de Bahía San Quintín con isolíneas de profundidad. Programa para Google Earth ® (Mejía-Trejo, 2010).

Resultados

En la Tabla 1 se presentan los grupos zoológicos representados en las muestras y su densidad expresada en número de individuos por metro cuadrado, y se indica su posición con respecto a las sartas de ostiones. Los poliquetos fueron el grupo más abundante en todas las estaciones. La Figura 6 muestra la densidad de poliquetos (individuos/m²) en cada una de las estaciones. Se encontraron 14 familias de poliquetos en las seis estaciones seleccionadas (Tabla 2). La Figura 6 presenta la densidad de poliquetos por estación. La Figura 7 muestra gráficamente las diferencias en densidad (individuos/m²) por familia encontradas en cada una de las estaciones analizadas. La familia más abundante y ampliamente distribuida (presente en todas las estaciones) es la familia Capitellidae, llegando a tener densidades de hasta 8,900 individuos por metro cuadrado en una estación.

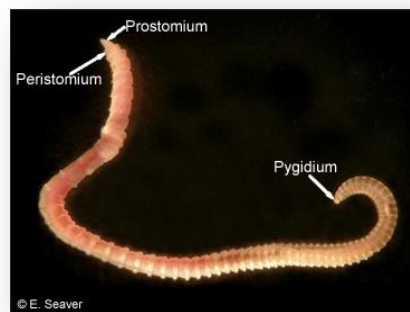


Figura 5. Poliqueto Capitelido (Imagen tomada de Marine Invertebrate Phylogenetics Lab. SIO. UCSD, 2014)

Tabla 1. Grupos zoológicos: poliquetos, artrópodos, moluscos, equinodermos y misceláneos encontrados (individuos/ m²) en cada estación y su ubicación respecto de las sartas de ostión (BSQ significa que las estaciones se encuentran en el brazo Bahía San Quintín, lejos de las sartas).

Grupo Zoológico	Estación 6 (debajo)	Estación 7 (debajo)	Estación 8 (adyacente)	Estación 10 (lejos)	Estación 15 (BSQ)	Estación 16 (BSQ)
Poliquetos	8,933	1,110	6,577	6,454	999	755
Artrópodos	800	-	844	98	311	-
Moluscos	-	44	-	-	-	44
Equinodermos	400	-	222	15	-	-
Misceláneos	178	89	533	41	44	267
Total	10,311	1,243	8,176	6,608	1,354	1,066

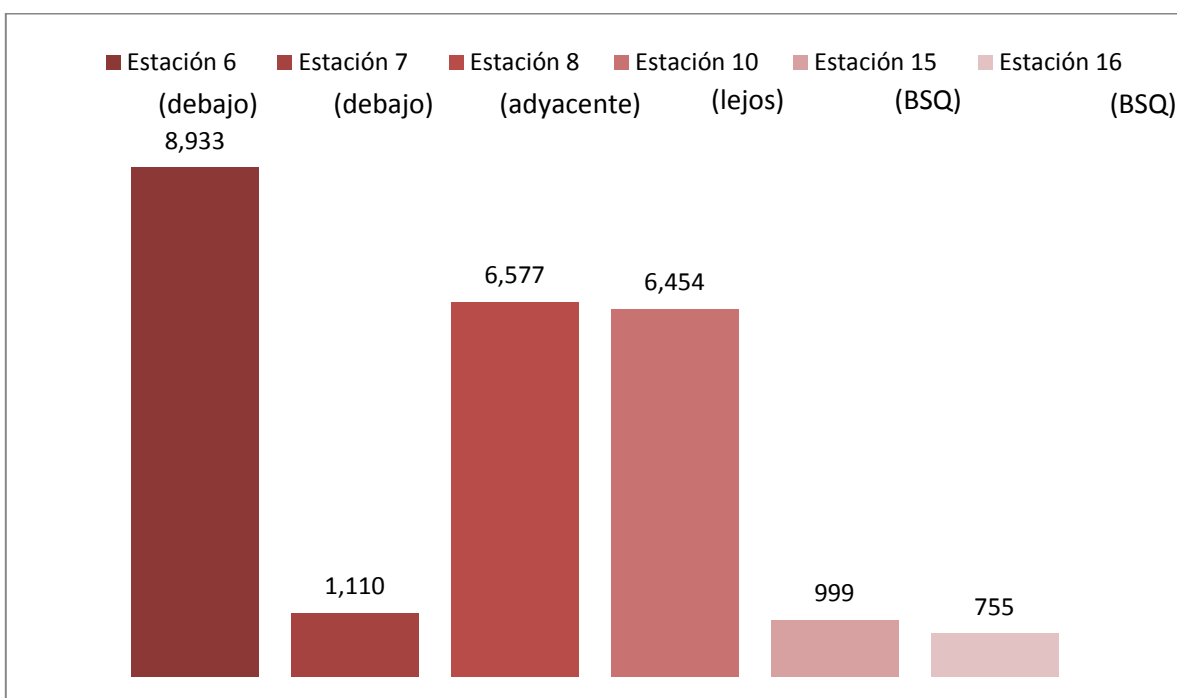


Figura 6. Densidad (individuos/m²) de poliquetos por estación. BSQ significa que las estaciones se encuentran en el brazo Bahía San Quintín.

Tabla 2. Densidad de cada familia de poliquetos (individuos/m²).

Familia	Estación 6	Estación 7	Estación 8	Estación 10	Estación 15	Estación 16
Nereidae	133	89	400	533	-	-
Syllidae	578	-	578	222	-	44
Terebellidae	-	-	44	-	-	-
Capitellidae	8,089	133	5,511	4,844	311	711
Spionidae	89	489	-	589	22	-
Orbiniidae	44	178	-	133	89	-
Paranoidae	-	44	-	133	-	-
Phyllodocidae	-	44	-	-	-	-
Gonididae	-	-	-	-	178	-
Eunicidae	-	-	-	-	44	-
Glyceridae	-	-	-	-	44	-
Cossunidae	-	133	-	-	-	-
Sabellidae	-	-	44	-	133	-
Maldanidae	-	-	-	-	178	-

En la Tabla 3 se muestran de manera sintética los resultados de la investigación documental y consulta respecto de la forma de vida y las funciones ecológicas que cada una de las familias de poliquetos (presentes en las muestras) realiza. Dentro de las funciones ecológicas presentes son importantes en este estudio aquellas que pudieran estar fungiendo como bioflitros y que permiten el desarrollo de la industria ostrícola en la laguna. Algunas de estas son indicadas en rojo en la Tabla 3.

Los resultados de granulometría, el contenido de materia orgánica, la temperatura y el potencial Redox se presentan en la Tabla 4. Se encontró que el sedimento en las zonas muestreadas en Bahía Falsa, presenta un color gris verduzco y contiene en mayor porcentaje arena media, mientras que en el brazo Bahía San Quintín el sedimento muestreado es de color café verduzco con un alto contenido de limo.

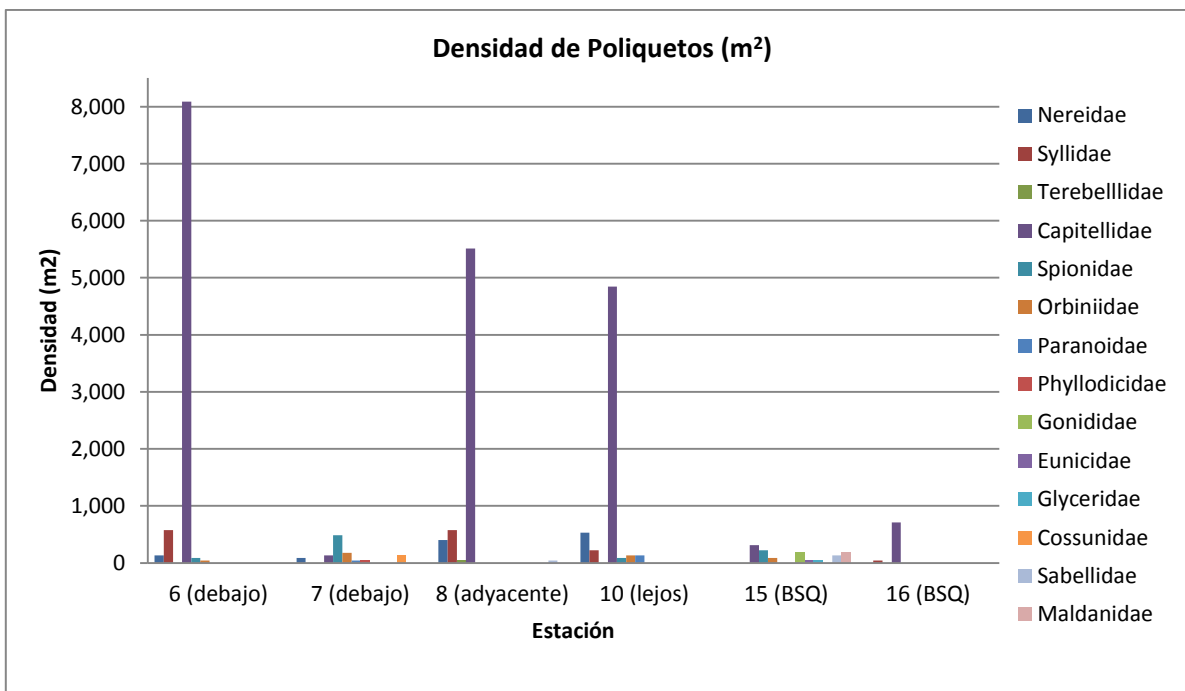


Figura 7. Densidad (org/m²) de cada familia de poliquetos en las estaciones analizadas.

Tabla 3. Forma de vida y funciones ecológicas de cada una de las familias de poliquetos. En rojo se resaltan las funciones ecológicas que se consideraron importantes para la ostricultura.

Familia	Forma de Vida	Funciones Ecológicas	Literatura Consultada
Capitellidae	Se encuentran desde estuarios hasta aguas profundas. Tubícolas, en contacto con la superficie. Se entierran en el sedimento con la ayuda de una faringe. Deposívoros, coprófagos. En general no selectivos. Se alimentan de algas y lodos anóxicos. Generan mucosa aglutinante y seleccionan del sedimento partículas orgánicas de baja gravedad.	<ul style="list-style-type: none"> • Bioturbación • Remineralización • Alteración del flujo de agua • Aumento de percolación del agua. • Oxigenación del sedimento. • Enriquecimiento de materia orgánica 	Fauchland & Jumars, 1979 Beesley <i>et al.</i> , 2000 Díaz-Castañeda y Reish, 2009

Nereididae	Comunes en aguas superficiales y pocas en aguas profundas. Construyen tubos de mucus temporales. Ocupan galerías dejados por otros organismos. Omnívoros o carnívoros filtradores. Absorben materia orgánica disuelta. Deposívoros de superficie, selectivos. Se pueden alimentar del anfitrión o de plantas y detritus.	<ul style="list-style-type: none"> • Bioturbación • Remineralización • Remoción de materia orgánica 	Fauchland & Jumars. 1979 Díaz-Castañeda & Reish, 2009
Syllidae	Presentes en aguas poco profundas, sustrato duro y arrecifes coralinos. Asociados a hidroides, esponjas y conchas de bivalvo. Carnívoros. Para alimentarse atraviesan con un diente faringeal la superficie de la presa y succionan su contenido con el proventrículo. Se mueven libremente.	<ul style="list-style-type: none"> • Remoción de materia orgánica. • Favorecen la diversidad de especies al alimentarse de oportunistas abundantes. • Indicadores de impacto negativo en el medio marino • Remineralización 	Díaz-Castañeda & Reish, 2009 Fauchland & Jumars. 1979 Giangrande <i>et al.</i> , 2005
Terebellidae	Tubícolas y sedentarios, discretamente móviles. Pueden abandonar sus tubos y migrar nadando o por movimiento peristáltico. Deposívoros de superficie, selectivos. Detritívoros. Se alimentan de algas unicelulares, diatomeas, invertebrados y larvas. Extiende sus palpos tentaculares sobre la superficie del sedimento, secreta una capa de mucus y con el movimiento de sus cilios transporta las partículas seleccionadas a la boca, donde digiere algunas y desecha otras. Algunas especies se desarrollan particularmente en zonas no contaminadas.	<ul style="list-style-type: none"> • Bioturbación superficial. • Seleccionan partículas sedimentarias. • Reducción de material particulado • Remoción de materia orgánica • Remineralización • Oxigenación del sedimento (potencial Redox más favorable para la fauna) 	Beesley <i>et al.</i> , 2000 Díaz-Castañeda & Reish, 2009
Spionidae	Habitan en aguas someras en todo tipo de sustrato pero especialmente en sedimento blando. Tubícolas, pueden dejar los tubos y construir nuevos si es necesario, excepto algunos miembros del género <i>Polydora</i> , quienes taladran en sustrato calcáreo como conchas de ostiones y compiten por alimento. Algunas especies viven libremente. Poco móviles.	<ul style="list-style-type: none"> • Bioturbación (importante debido a gran abundancia) • Consumo de material particulado de masa de agua 	Fauchland & Jumars. 1979 Beesley <i>et al.</i> , 2000 Díaz-Castañeda & Reish, 2009

	Deposívoros de superficie, selectivos; parcial o totalmente filtradores, según las condiciones del medio (flujo de agua). Se alimentan en la interface agua-sedimento de partículas depositadas o en suspensión.	(baja la turbidez, puede favorecer la biodiversidad) <ul style="list-style-type: none"> • Remoción de materia orgánica • Remineralización 	
Orbiniidae	Distribuidos desde zonas someras del intermareal hasta profundidades abisales. Comunes en estuarios y bahías Deposívoros, no selectivos. Se entierran libremente en el sedimento. Se alimentan de sedimento, diatomeas, bacterias y foraminíferos asociados.	<ul style="list-style-type: none"> • Bioturbación • Remoción de materia orgánica por lo que disminuye los detritus en la superficie sedimentaria • Disminución de detritus de la superficie sedimentaria • Remineralización 	Fauchland & Jumars. 1979 Beesley <i>et al.</i> , 2000 Díaz-Castañeda & Reish, 2009 Dorganet <i>et al.</i> , 2006
Paranoidae	Se encuentran desde la zona litoral hasta ambientes profundos, asociados a sedimento desde arenoso hasta lodos. Excavador. Crean madrigueras en espiral o verticales, cubierto de mucus en la sub-superficie o clavan la parte posterior de su cuerpo en el sedimento como un corcho. Tubos temporales. Deposívoros. Se alimentan de diatomeas penadas, tomadas una a una, de foraminíferos (<i>Paraonisfulgens</i>) y de crustáceos pequeño; o se alimentan de escombros a la deriva. Algunas especies (<i>Paradoneisarmata</i>) pueden alcanzar densidades de hasta 5000 ind/m ² .	<ul style="list-style-type: none"> • Bioturbación • Remoción de materia orgánica Al usarla para alimentarse • Entierro de materia orgánicaal excavar tubos y galerías • Remineralización • Consumo de material particulado de masa de agua (Baja de turbidez, puede favorecer la biodiversidad) • Favorece la oxigenación del sedimento 	Fauchland & Jumars. 1979 Beesley <i>et al.</i> , 2000 Díaz-Castañeda & Reish, 2009 Roder, 1971
Phyllodocidae	Habitan en ambientes marinos y estuarinos. Tubícolas. Depredadores activos o carroñeros en balanos, mejillones y gasterópodos, y algunos presentan	<ul style="list-style-type: none"> • Bioturbación • Remoción de materia orgánica 	Fauchland & Jumars. 1979 Díaz-Castañeda y Reish, 2009

	canibalismo. Selectivos y no selectivos. Se alimentan de poliquetos, los menos selectivos de detritus y metazoos. Utilizan pistas olfativas como el mucus de otros organismos para alimentarse.	(biomasa béntica) <ul style="list-style-type: none"> • Favorecen la biodiversidad • Favorecen la remineralización 	Beesley <i>et al.</i> , 2000 Rouse & Pleijel, 2001
Cossuridae	Viven en arenas fangosas, desde la zona de entre mareas hasta grandes profundidades. Deposívoros de superficie. Producen mucus, con el cual adhieren partículas de sedimento a su cuerpo, si son despojados de dicha cubierta mueren, ya que se rompen en fragmentos. Son capaces de producir larvas lecitotróficas.	<ul style="list-style-type: none"> • Bioturbación • Fuente de alimento altamente nutritivo (larvas nutritivas) 	Fauchland & Jumars. 1979 Day, 1963 Fauchland, 1977 Díaz-Castañeda y Reish, 2009 Beesley <i>et al.</i> , 2000 Tzelin, 1994
Maldanidae	Viven en sustrato blando a cualquier profundidad desde el intermareal y submareal hasta planicies arenosas protegidas. Asociados a zonas abundantes de algas y planicies lodosas. Tubícolas, presentan diferentes estructuras cubiertas de arena, lodo o conchas, otros viven en madrigueras. Generan tubos de hasta 20cm, e ingieren el sedimento en el fondo del mismo, dejando huecos que después se colapsan, por lo que remueven mucho sedimento rápidamente. Deposívoros, no selectivos (detritus, protozoos y diatomeas contenidas en el sedimento). Algunos tienen la capacidad de filtrar y asimilan la materia orgánica disuelta.	<ul style="list-style-type: none"> • Bioturbación • Remoción de materia orgánica • Reducción de material particulado • Oxigenación del sustrato • Remineralización 	Fauchland & Jumars. 1979 Díaz-Castañeda & Reish, 2009
Goniadidae	Se encuentran en distintas profundidades asociados a sedimento blando, son más comunes a grandes profundidades. No son tubícolas, pero se desconoce si hacen madrigueras o si viven libremente. Carnívoros, algunas especies son capaces de absorber materia orgánica disuelta. Excavadores muy activos.	<ul style="list-style-type: none"> • Remoción de materia orgánica • Entierro de materia orgánica • Bioturbación importante • Oxigenación del sustrato • Remineralización 	Fauchland & Jumars. 1979 Beesley <i>et al.</i> , 2000 Díaz-Castañeda & Reish, 2009 Dorgan <i>et al.</i> , 2006
Eunicidae	Presentes en todos los ambientes marinos, particularmente comunes en mares tropicales someros, en arrecifes coralinos y en zonas de manglar inundadas. En etapa juvenil viven libremente y se encuentran en hendiduras o grietas, al crecer algunos se vuelven tubícolas. En	<ul style="list-style-type: none"> • Bioturbación • Favorecen la biodiversidad 	Fauchland & Jumars. 1979 Beesley <i>et al.</i> , 2000 Díaz-Castañeda & Reish, 2009

	<p>estas condiciones son carnívoros. Otros hacen madrigueras o aprovechan las ya hechas en arena, lodo o coral. Caso en el cual son omnívoros.</p> <p>Algunos especímenes pueden alcanzar tallas de hasta 1m de longitud y 2.5cm de diámetro.</p>		
Glyceridae	<p>Habitan desde el intermareal hasta el océano profundo sobre sedimento blando. Hacen madrigueras subsuperficiales en donde detectan y capturan presas que se mueven sobre el sedimento. Carnívoros. Se han encontrado que algunas especies pueden ser detritívoras. Son excavadores activos y altamente depredadores. Tiene la capacidad de enterrarse rápidamente, por medio de una gran faringe eversible si son amenazados. Presentan 4 mandíbulas asociadas a ductos con glándulas venenosas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bioturbación • Oxigenación del medio • Favorecen la biodiversidad • Remoción de materia orgánica • Remineralización 	<p>Beesley <i>et al.</i>, 2000 Díaz-Castañeda & Reish, 2009 Dorgan <i>et al.</i>, 2006</p>
Sabellidae	<p>Se encuentran alrededor del mundo desde el intermareal, hasta grandes profundidades. Sustrato blando o duro. Tubícolas, pueden permanecer de por vida dentro del tubo o dejarlos y construir nuevos. Hechos de mucus y sedimento. Irrigan agua a través del tubo horizontal. Tienen mucha actividad dentro de los tubos por lo cual requieren de mucha energía. Filtradores. Toman partículas y las separan para alimento y vivienda según el tamaño, solo desechan las partículas muy grandes. Algunos son depositóvoros de superficie, muy selectivos. Barren el sustrato con sustentáculos para seleccionar partículas adecuadas.</p> <p>Adaptables a ambientes pobres en nutrientes y físicamente inestables; pasan de filtradores moderados a depositóvoros secundarios.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bioturbación • Bioirrigación, oxigenación del medio circundante. • Alteración del flujo de agua en la interface agua-sedimento(2 a 4mm) debido a la presencia de sus tubos • Remoción de materia orgánica • Remineralización • Disminución de material particulado. • Reducción de turbidez 	<p>Fauchland & Jumars. 1979 Beesley <i>et al.</i>, 2000 Nicol, 1930 Díaz-Castañeda & Reish, 2009</p>

Tabla 4. Resultados del Análisis sedimentario: granulometría, temperatura y potencial Redox.

Variable	Estación 6	Estación 7	Estación 8	Estación 10	Estación 15	Estación 16
Arcillas (%)	1.8	1.2	2.3	0.6	14.8	11.8
Limo (%)	25.5	14	29.8	17.1	78.8	75.7
Arena Fina (%)	26.5	23.7	25.7	23.8	4.9	8.9
Arena Media (%)	46.3	61.2	42.2	58.5	1.5	3.6
Media (µm)	120.46	144.858	108.795	70.261	19.93	30.885
Mediana (µm)	118.532	142.692	109.547	48.43	10.251	12.885
Desv. Std. (µm)	83.267	81.903	78.011	67.879	27.409	52.468
Sedimento	Areno limoso	Franco Arenoso	Areno limoso	Franco Arenoso	Limo arcilloso	Limo arcilloso
Temperatura (°C)	16.6	21.7	18.5	18.1	20.2	18.6
Eh (mV)	-194	-200	-204	-181	-177	-176

La temperatura en las estaciones muestreadas en Bahía San Quintín osciló entre los 16.6°C y los 21.7°C. En Bahía Falsa la temperatura promedio fue de 19.4°C, haciéndose más frío hacia la boca de la bahía. El potencial Redox (Eh) no presentó grandes variaciones, para las estaciones dispuestas cerca de las sartas de ostiones se tuvo un potencial promedio de -218mV. Las estaciones alejadas de las sartas registraron alrededor de -198mV.

La profundidad a la cual se obtuvieron las muestras de sedimento fue de entre 1 y 5m de profundidad, siendo la estación 10 la más somera (de 1 a 2m de profundidad) y la estación 15 la más profunda (de 4 a 5m de profundidad). Con éste análisis asociamos a cada estación con la intensidad relativa de la corriente, aquellas estaciones con profundidades mayores, tales como la estación 6 y 8, se encuentran en zonas de alta energía y las estaciones 7, 10, 15 y 16 se encuentran en zonas de energía relativamente baja.

Para el análisis de carbono orgánico contenido en las muestras se decidió utilizar datos previamente reportados por Daesslé-Heuser *et al.* (2009), debido a que los datos obtenidos por medio del método de ignición se vieron afectados por la mufla utilizada, ya que no contaba con el mantenimiento y la calibración necesaria para este tipo de análisis. Los valores de carbón orgánico reportados para la región oscilan desde 0.129 hasta 1.554 aproximadamente. En la zona noroeste de Bahía Falsa, la región correspondiente a la estación 10 presenta un contenido de 1.022 %C, en la parte central de la región este, correspondiente a las estaciones 6, 7 y 8, se tiene valores de 0.129 %C. En Bahía San Quintín, en la zona sur oeste, es decir para la estación 16, los valores reportados son de 1.554%C, y hacia el norte y para la estación 15, se tiene 0.912%C (

Tabla 5).

Tabla 5. Contenido de materia orgánica para las distintas estaciones, según lo reportado por Daesslé-Heuser *et al.* (2009).

Contenido de Carbón Orgánico

	Estación	%C
Bahía Falsa	10	1.022
	6, 7, 8	0.129
Bahía San Quintín	15	0.912
	16	1.554

La Tabla 6 muestra los resultados del ANOVA para las densidades de organismos encontrados cerca de las sartas de ostiones (estaciones 6,7 y 8) contra las densidades de muestras tomadas lejos de las sartas de ostiones (estaciones 10, 15 y 16). En la Tabla 7 los resultados de comparar las estaciones en Bahía Falsa (6,7,8 y 10) contra las de Bahía San Quintín (15 y 16). Finalmente la Tabla 8 muestra los resultados de comparar las estaciones con corrientes de alta energía en Bahía Falsa (estaciones 8 y 6) contra la estación en Bahía Falsa con baja energía (estación 7). Los resultados del análisis de biodiversidad se presentan en la Tabla 9.

Tabla 6.- Análisis de varianza para las densidades de los organismos contenidos en las muestras de estaciones cercanas a las sartas de ostiones (Estaciones 6,7 y 8) comparadas con las muestras colectadas lejos de las sartas (Estaciones 10, 15 y 16).

	Muestra		TOTAL
	Cerca Densidad (org/m ²)	Lejos Densidad (org/m ²)	
Estación 6	8089	Estación 15	311
Estación 7	133	Estación 10	4844
Estación 8	5511	Estación 16	711
Promedio	4577.6667		1955.3333
sum(x²)	95820731		24066578
Varianza	16477817.33		6298296.333
Desv.Std	4059.2878		2509.6407
Error Std.	2343.6309		1448.9417
n	3		3
sum(x)	13733		5866
			3266.5
			119887309
			11173435.1
			3342.6689
			1364.6388
			6
			19599

Resumen ANOVA

Fuente	S.C.	g.l	C.M
Enrte muestras	10314948.17	1	10314948.17
Error	45552227.33	4	11388056.83
TOTAL	55867175.5	5	

Fo	F	Conclusion
0.9058	0.395125	Ho se rechaza: Las muestras son diferentes

Tabla 7.-Análisis de varianza entre estaciones ubicadas en Bahía Falsa y las de Bahía San Quintín.

Muestra			
Bahía Falsa	Densidad(org/m2)	Bahía San Quintín	Densidad(org/m2)
Estación 6	8089	Estación 15	311
Estación 7	133	Estación 16	711
Estación 8	4844		
Estación 10	5511		
			TOTAL
Promedio	4644.5		511
sum(x^2)	119294756		602242
Varianza	11003078.33		80000
Desv.Std	3317.0888		282.8427
Error Std	1658.5444		200
n	4		2
sum(x)	18578		1022
			3266.6667
			119896998
			11174066.27
			3342.7633
			1364.6774
			6
			19599

Resumen ANOVA

Fuente	S.C.	g.l	C.M
Enrte muestras	22781096.33	1	22781096.33
Error	33089235	4	8272308.75
TOTAL	55870331.33	5	

Fo	F	Conclusion
2.7539	0.172356	Ho se rechaza: Las muestras son diferentes

Tabla 8.- Análisis de varianza para las estaciones con baja energía comparadas con las de alta energía (en Bahía Falsa).

Baja energía	Densidad(org/m2)	Alta energía	Densidad(org/m2)	
Estación 6	8089	Estación 7	133	
Estación 8	5511			TOTAL
Promedio	6800		133	4577.6667
sum(x^2)	95803042		17689	95820731
Varianza	3323042		NaN	16477817.33
Desv.Std	1822.9213		NaN	4059.2878
Error Std.	1289		NaN	2343.6309
n	2		1	3
sum(x)	13733		5866	19599

Resumen ANOVA

Fuente	S.C.	g.l	C.M
Entre muestras	29632592.67	1	29632592.67
Error	3323042	1	3323042
TOTAL	32955634.67	2	

Fo	F	Conclusion
8.9173	0.205716	Ho se rechaza: Las muestras son diferentes

Tabla 9. Índice de Diversidad de Simpson para organismos lejos de las sartas de ostiones contra organismos cerca de las sartas.

Familia	Lejos (# de organismos)	Cerca (# de organismos)
Nereidae	533	622
Syllidae	266	1156
Terebellidae	0	44
Capitellidae	5866	13733
Spionidae	611	578
Orbiniidae	222	222
Paranoidae	133	44
Phyllodocidae	0	44
Gonididae	178	0
Eunicidae	44	0
Glyceridae	44	0
Cossunidae	0	133
Sabellidae	133	44
Maldanidae	178	0
N	8208	16620
Dominancia	0.52375617	0.69046096
Ds	0.47624383	0.30953904

Discusión

Por medio del estudio realizado en el bentos de la Bahía San Quintín se encontraron diversos grupos zoológicos, Poliquetos, Artrópodos, Moluscos, Equinodermos y a algunos otros organismos que por su baja abundancia fueron categorizados como misceláneos. Las diferencias observadas en los resultados en la composición de los grupos zoológicos (ver Tabla 1) no permiten deducir patrones claros a este nivel taxonómico, respecto de su ubicación con los cultivos. En promedio las muestras de las estaciones ubicadas en Bahía Falsa contienen más individuos por metro cuadrado (6,834) que las ubicadas en el brazo San Quintín (1,210). La estación 6 ubicada en Bahía Falsa, debajo de sartas de ostión presentó la mayor densidad (individuos/m²), mientras que la estación 16 ubicada en el brazo San Quintín, donde no se realizan cultivos, presentó la menor densidad.

Cada grupo zoológico presentó densidades de población muy diversas, siendo el más abundante el grupo de los poliquetos, por lo cual en el presente trabajo se hace énfasis en su estudio y las funciones ecológicas que proveen al medio, además de ser el único grupo presente en todas las estaciones. Se encontraron 13 familias de poliquetos, Nereidae, Syllidae, Teribellidae, Capitellidae, Spionidae, Orbiniidae, Paranoidae, Gonoididae, Phyllodocidae, Eunicidae, Glyceridae, Cossunidae, Sabellidae y Maldanidae.

Si bien la mayoría de las familias encontradas presentaron abundancias diversas en las estaciones muestreadas, por medio del análisis de diversidad de Simpson, fue posible observar con mayor claridad la diferencia entre la comunidad de poliquetos que habita regiones en donde se está llevando a cabo el cultivo de ostiones versus aquellas zonas alejadas de dichos cultivos. El índice de Simpson para las muestras tomadas de zonas cerca de las sartas de ostiones fue de 0.31, lo cual nos indica una mayor dominancia y una diversidad menor que en aquellas regiones donde no se encuentran las sartas de ostiones. Vita y colaboradores (2002) comentan que la reducción en la diversidad biológica se debe al aumento de la materia orgánica en el sistema, de manera que podemos establecer una conexión con la diferencia del aporte que se da en los dos escenarios que se analizan en el presente trabajo. En aquellas estaciones adyacentes o debajo de sartas de ostiones se espera el mayor aporte de material orgánico, con respecto a aquellas estaciones en donde las estaciones no están presentes. Este exceso de materia orgánica en ciertas zonas incrementa

las densidades de algunas especies, ya que aprovechan el exceso de alimento que se encuentra disponible. Estos resultados de diversidad son consistentes con la primera hipótesis de trabajo: hay diferencias significativas en la composición de las comunidades bentónicas en relación con su ubicación respecto de los cultivos de ostión.

Los individuos de la familia Capitellidae (ver Tabla 2 y Figura 7) son notablemente los más abundantes en ambas condiciones, por lo cual la discusión de este estudio se realizara principalmente en torno a dicha familia. La presencia de diversas especies de capitelidos como *Capitella capitata* ha sido asociada a sedimentos con alto contenido de materia orgánica de diversos orígenes tal como el crecimiento abundante de algas, acuicultura, efluentes industriales, aguas residuales, así como otras actividades antropogénicas (Tsutsumi, 1987 y 1990). Por lo que es de esperarse que estén presentes abundantemente en las muestras cercanas y debajo de las sartas de ostiones o en aquellas donde el contenido de nutrientes y materia orgánica en el sedimento es alto. Aunque normalmente se interpreta la presencia de capitelidos como un indicador de contaminación (Dean, 2008), estos organismos y otros poliquetos son especialmente importantes en el contexto de los servicios ecosistémicos para la acuicultura por su potencial como bioremediadores (Katsutoshi, 2011; Palmer, 2010; Kinoshita et al., 2008; Mendez, et al., 2001). La presencia de estos poliquetos en altas densidades en las zonas debajo y adyacentes a los cultivos son consistentes con la hipótesis de que la bioremediación se está dando de manera natural en Bahía Falsa en las comunidades bentónicas. Es decir que la abundancia de organismos bentónicos biorremediadores es mayor en zonas directamente debajo o adyacentes a los cultivos

Kinoshita y colaboradores (2008), realizaron un estudio en donde relacionan a la depositación de material orgánico en el bentos proveniente de los desechos de cultivos, y concluyen que la depositación propicia el desarrollo de las comunidades de capitelidos en el bentos. De manera similar, en el presente estudio, se encontró que la presencia de capitelidos es más evidente en muestras influenciadas por las sartas de ostiones dónde la velocidad de la corriente no tiene gran influencia en el medio. A pesar de las pocas estaciones utilizadas para este trabajo, es posible ver de manera general, el comportamiento de las comunidades de capitelidos con respecto a las características del medio, y las

funciones ecológicas que desempeñan en favor del mantenimiento del bentos gracias a la intensa bioturbación y la remineralización de sedimento.

En promedio (ver **Tabla 1**) se observó que la densidad de poliquetos capitelidos es mayor (6,018vs 877 por metro cuadrado) en las muestras colectadas en Bahía Falsa respecto de las del brazo San Quintín. El análisis estadístico realizado nos indica que las muestras obtenidas en Bahía Falsa son significativamente diferentes a aquellas obtenidas en Bahía San Quintín.

Es de llamar la atención la gran diferencia en la densidad de capitelidos en las estaciones 6 y 7, ambas en Bahía Falsa, cercanas entre sí y colectadas debajo de las sargas de ostión. Mientras que la estación 6, conforme a lo esperado se presentan una alta abundancia de capitelidos (>9000 individuos por m^2) estos están poco representados en la estación 7 (1,110 individuos por m^2). Se especula que esto pueda deberse a que la estación 7 se ubica en zona de mayor energía de la corriente. Lo anterior pudiera estar impidiendo que la materia orgánica procedente de los cultivos llegue al sedimento. Esta hipótesis se refuerza con el resultado del análisis granulométrico (**Tabla 4**) que ubica a la estación 7 con el mayor contenido de arena y con el tamaño medio de grano más elevado.

Por medio de la investigación documental realizada fue posible conocer cómo se comportan las corrientes con respecto a la velocidad dentro de la bahía, Delgado y colaboradores (2007) concluyen que la mayor velocidad de corriente se presenta en los canales de navegación y en la zona cercana a la boca. Las zonas más someras, la cabeza de la bahía y la parte interna de la barra de arena presentan una magnitud de la intensidad de la corriente mucho menor. Las corrientes presentan una gran capacidad de remover materia orgánica en las zonas en donde la corriente es relativamente intensa, sin embargo aquellas zonas de menor velocidad, en donde la profundidad es menor, el material orgánico tiende a depositarse en el fondo y acumularse. El muestreo realizado presenta estaciones en las cuales la velocidad de la corriente es mayor que en otras, esto nos permite evaluar si la hidrodinámica es un factor determinante en la composición de las comunidades del bentos, de ser así, podemos evaluar si existe otro factor que promueva el desarrollo y la variación en la densidad de organismos que están presentes.

Se puede observar que las estaciones 6 y 7 cuentan con características similares, ya que se encuentran cercanas entre sí y ambas muestras fueron colectadas debajo de las sartas de ostiones, sin embargo existe una diferencia considerable en la densidad de poliquetos que cada una contiene, siendo la más evidente la familia Capitellidae. La estación 7 se encuentra a pocos metros del canal de navegación principal, es decir una zona de alta velocidad de la corriente, esto sugiere que la materia orgánica es principalmente acarreada por el efecto de las corrientes, sin embargo en aquellas estaciones donde la velocidad es menor, como lo es la estación 6, otro factor es el que se encargará de la limpieza del bentos, evitando así la eutroficación del medio. La abundancia de poliquetos pertenecientes a la familia Capitellidae en la estación 6, donde el efecto de las corrientes no es de gran importancia, indica que la bioturbación y remineralización realizada por tales organismos son funciones ecológicas de importancia para mantener al bentos en las condiciones necesarias para que el desarrollo del cultivo de ostiones y su uso comercial sea posible. Esto tiende a reforzar la hipótesis que la importancia de la bio-remediación del bentos como servicio ecosistémico para la ostricultura va cobrando mayor importancia que las corrientes a medida que la energía de estas disminuye.

En las estaciones 8 y 10 se tienen condiciones evidentes que favorecen la presencia de capitelidos, a pesar de no encontrarse directamente debajo de las sartas. La estación 8 cuenta con alrededor de $4800\text{org}/\text{m}^2$ y se encuentra adyacente a las sartas de ostiones, es de esperarse la presencia de tales organismos, pero en menor abundancia en relación a aquellas estaciones situadas directamente debajo de las sartas.

La estación 10 se encuentra alejada de las sartas de ostiones y presenta una característica particular, es la estación más cercana a la costa dentro de la bahía (más remota a la boca del cuerpo de agua) y se localiza en la zona de entre mareas. A pesar de encontrarse lejos de los cultivos cuentan con alrededor de $5500\text{org}/\text{m}^2$. García-Esquivel y colaboradores (2000), reportan que la cantidad de materia orgánica particulada y la materia orgánica total en la cabeza y en la boca de Bahía San Quintín no presenta diferencias claras, sin embargo, Weslawski (2009) encontró que en la zona de entre mareas donde existe un vínculo con el medio terrestre y la costa se promueve la adición de detritus y nutrientes, lo cual favorece el aprovisionamiento y la acumulación de alimento en los sedimentos, pudiendo ser este el motivo de la alta densidad de capitelidos presentes en esta estación. No, obstante, esta

estación es una anomalía, por lo cual es difícil determinar las variables que rigen el comportamiento de la comunidad de capitelidos y el análisis correspondiente se encuentra fuera de los objetivos y el alcance de la presente tesis.

Las estaciones 15 y 16 se encuentran situadas en el brazo de Bahía San Quintín, en donde la ostricultura no ha sido desarrollada, por lo cual es de esperarse que la abundancia de poliquetos capitelidos sea mucho menor que en las estaciones presentes en Bahía Falsa. La estación 15 contiene solo 311 individuos/m, mientras que la estación 16 presenta 711 individuos/m. El análisis granulométrico permite determinar que la zona es de baja energía ya que el contenido sedimentario se encuentra dominado por limos, característica que nos indica que el acarreo de compuestos orgánicos hacia otras zonas no se da por medio del transporte de la corriente. Esto sugiere, aunado a la baja densidad de organismos, que el aporte de materia orgánica particulada en esta zona es relativamente menor al aporte presente en Bahía Falsa, lo cual no permite la proliferación de los organismos estudiados.

Como podemos observar la hidrodinámica dentro de la Bahía juega un papel de gran importancia en la limpieza de la laguna. Existe una diferencia significativa en la cantidad de organismos encontrados en aquellas muestras que se encuentran fuertemente influenciadas por las corrientes con respecto a aquellas alejadas de los canales de navegación, donde la intensidad de la corriente es mayor. Con esto, podemos desviar nuestra atención hacia otro posible proceso que ayuda en la limpieza del medio, la bioremediación.

Desgraciadamente, para el presente trabajo no fue posible obtener el contenido de carbón orgánico para cada estación debido a problemas con el equipo de laboratorio. Sin embargo con los datos reportados Daesslé-Heusser y colaboradores (2009) se realizó un análisis, de forma muy general, sobre el comportamiento de la materia orgánica con respecto a la presencia de sartas de ostiones y la energía de la corriente.

La estación 10 presenta un alto contenido de carbón orgánico, se encuentra en una zona de baja energía y la densidad de poliquetos presentes es alta, en relación a las otras estaciones que se encuentran alejadas de las sartas de ostiones. Al ser una zona de entre mareas y cercana a la costa, es posible que el aporte de carbón orgánico sea distinto al presente en las demás estaciones, donde la vegetación circundante y la influencia antropogénica pueden

tener un impacto importante. Como se mencionó anteriormente, esta estación es una anomalía, resulta difícil y fuera de los objetivos de este trabajo, explicar los patrones que la rigen.

Para aquellas estaciones en el brazo este, es decir Bahía San Quintín, la presencia de carbón orgánico se encuentra alrededor de 0.9 y 1.5%, esta región presenta una tasa de recambio de agua menor que aquella en Bahía Falsa, como consecuencia da pie a la acumulación del material orgánico que es importado de otras fuentes. Existe una baja presencia de poliquetos, lo cual puede ser indicio de que el material orgánico en los sedimentos bentónicos se ha acumulado debido a que la actividad o las funciones ecológicas aportadas por los organismos que la habitan, son pocos o menores en relación a zonas donde la densidad es más alta. Por medio de comunicaciones personales con los pangeros de la localidad, se sabe que existieron eventos de intensa precipitación semanas previas a la recolección de muestras, lo cual es importante considerar para estas estaciones ya que en Bahía Falsa se encuentra la desembocadura del arroyo San Simón, que a pesar de no ser de gran influencia en temporadas secas, las lluvias pudieron modificar el contenido de carbono orgánico encontrado en la región.

Para aquellas estaciones donde están presentes las sartas de ostiones, el contenido de carbón orgánico es bajo. La estación 7, presenta una baja densidad de Capitélidos, por lo cual inferimos que las corrientes son quienes se encargan de la limpieza del medio. Para las estaciones 6 y 8, la situación es diferente, a pesar de contar con una baja concentración de carbono orgánico, el número de Capitélidos es alto, por lo cual concluimos que son estos organismos quienes presentan la mayor influencia en el bentos en lo que a limpieza se refiere.

La actividad bacteriana es un factor adicional en la descomposición de la materia orgánica en el medio marino. Autores como Seoáñez y colaboradores (2000) y Miravet (2003), exponen en diversos trabajos la importancia de las bacterias heterótrofas y el papel que desempeñan como organismos descomponedores además de aportar procesos fundamentales al ecosistema marino, que van desde el reciclaje de nutrientes hasta la geoquímica de los sedimentos. Sin embargo la influencia de dichas bacterias supera el alcance del presente estudio.

Para poder reforzar los resultados encontrados en este trabajo es necesario ampliar la investigación e incluir mas estaciones a través del tiempo, ya que en la presente tesis por falta de tiempo y recursos no fue posible considerar. También es necesario analizar datos concisos acerca de la precipitación durante la temporada previa al muestreo para saber si el aporte del medio terrestre por parte del arroyo San Simón representa un factor influyente en los resultados obtenidos para Bahía San Quintín. Por último, el contenido de materia orgánica para cada estación particular es importante en investigaciones a futuro para conocer el efecto que las sartas de ostiones tienen sobre el medio y la efectividad de las funciones ecológicas que las comunidades bentónicas aportan.

Conclusión

A partir de los resultados obtenidos en este trabajo se concluye lo siguiente:

1. Existe una diferencia estadísticamente significativa en la composición de las comunidades de poliquetos capitelidos contenidas en las muestra tomadas debajo y adyacentes a las sartas, donde cultivan los ostiones, respecto de las muestras tomadas en zonas alejadas de los cultivos.
2. Existe una diferencia estadísticamente significativa en la abundancia (mayor abundancia) de organismos reconocidos como biorremediadores en las muestras colectadas directamente abajo o adyacentes a las sartas donde se cultivan los ostiones respecto de las muestras colectadas lejos de las sartas.
3. Dentro de las muestras colectadas debajo o adyacentes a las sartas de ostiones existe una diferencia en la abundancia (mayor abundancia) de biorremediadores en zonas donde la corriente es débil respecto de las muestras colectadas en zonas de corrientes más fuertes.

Las conclusiones anteriores son consistentes con el argumento central de esta tesis, que sostiene que en respuesta al excedente de materia orgánica aportado al medio por los cultivos de ostión, ocurren cambios en las poblaciones bentónicas de Bahía San Quintín que favorecen ciertas funciones ecológicas como: la remineralización, bioturbación, reducción de la turbidez, remoción, reducción y consumo de materia orgánica, disminución de detritus de la superficie sedimentaria y entierro de materia orgánica. Dichos cambios se interpretan como un servicio ecosistémico para la ostricultura ya que permiten mantener de manera natural la calidad del agua en la bahía sin la necesidad de una inversión o gasto adicional por parte de los ostricultores. Sin embargo, debido a la falta de resultados veraces con respecto a la cantidad de carbón orgánico presente en el medio, no fue posible cuantificar el beneficio que tales funciones aportan a los ostricultores.

Bibliografía

- Álvarez- Borrego S. 2004. Dinámica de nutrientes y fitoplancton en una laguna costera fuertemente afectada por surgencias costeras. *Ciencias Marinas*. 30(1A): 1-19.
- Álvarez- Borrego S. G. Ballesteros y A. Chee, 1975. Estudio de algunas variables fisicoquímicas superficiales en la Bahía de San Quintín en verano, otoño e invierno. *Ciencias Marinas*. 2: 1-9.
- Álvarez- Borrego, J. y S Álvarez- Borrego. 1982. Temporal and spatial variability of temperatura in two coastal lagoons. *CalCOFI Reports XXIII*, 188-197.
- Angulo-Larios, N. 2006. Hidrodinámica de la Bahía de San Quintín, B.C. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California. 131 pp.
- Anónimo. 2007. Conservation Vision for Bahía de San Quintín. Conservation Biology Institute and The Nature Conservancy. Documento en línea: <http://consbio.org/what-we-do/conservation-vision-for-bahia-de-san-quintin>.
- Aguirre-Muñoz, A., R. W. Buddemeier, V. F. Camacho-Ibar, J.D. Carriquiry, S. E. Ibarra-Obando, B. Massey, S. V. Smith y F. Wulff. 2001. Sustainability of Coastal Resources in San Quintín, Mexico. *Ambio*. 30: 142-149.
- Baker, C.J. y Maltby, E., 1995. Nitrate removal by river marginal wetlands: factors affecting the provision of a suitable denitrification environment. En: Hughes, J. M. R. y Heathwaite, A.L. (Compiladores). *Hydrology and hydrochemistry of British wetlands*, John Wiley and Sons, Chichester (Reino Unido), págs. 291a 313.
- Balvanera-Levy, P. y H. Cotler. 2007. Acercamientos al estudio de los servicios ecosistémicos. *Gaceta ecológica número especial 84-85*: 8-15.
- Balvanera-Levy, P. y H. Cotler. 2007. Los servicios ecosistémicos y la toma de decisiones: retos y perspectivas. *Gaceta ecológica número especial 84-85*: 117-123.
- Barbier, E. B., Acreman, M. C. y Knowler, D. 1997. Valoración económica de los humedales – Guía para decisores y planificadores. Oficina de la Convención de Ramsar, Gland, Suiza.

- Beesley, P. L., Ross, G.J.B., Glasby, C. J. 2001. Polychaeta, Myzostomida, Pogonophora, Echiura, Sipuncula. En su: Polychaetes & Allies: The Southern Synthesis. Fauna of Australia. Melbourne, Australia. CSIRO Publishing. 465 pp.
- Boyd, J. y S. Banzhaf. 2007. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics* 63: 616-626.
- Byers, S. C., E. Mills & P. Stewart. 1978. A comparison of methods to determine organic carbon in marine sediments with suggestions for a standard method. *Hidrobiología* 58: 43-47.
- Camacho-Ibar, V. F., Carriquiry, J. D., Smith, S. V. 1999. Bahía San Quintín, Baja California: N/P budgets within compartments in a coastal lagoon. In: Mexican and Central American Coastal Lagoon Systems: Carbon, Nitrogen and Phosphorous fluxes. LOICZ reports and studies No. 13, LOICZ, Texel, the Netherland. IN PRESS.
- Costanza, R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. V. O'Neill, J. Paruelo, R. G. Raskin, P. Sutton y M. van den Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
- Daesslé-Heuser, L.W., G. Rendón-Márquez, V. Camacho-Ibar, E.A. Gutiérrez-Galindo, E. Shumilin y E. Ortiz-Campos. 2009. Geochemistry of modern sediments from San Quintín coastal lagoon, Baja California: Implication for provenance. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 26(1): 117-132.
- Daily, G. C. 1997. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington, DC. 392 pp.
- Day, J. H. 1963. The polychaete fauna of South Africa. Part 8. New Species and records from grab samples and dredging. *Bulletin of the British Museum (Natural History) Zoology*. 10: 384-445.
- Dean. 2008. The use of polychaetes (Annelida) as indicator species of marine pollution: a review. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 56 (Suppl 4). 11-38.
- Delgado-González O. E., Jiménez J.A., Fermán-Almada J.L, Marván-Gargollo F., Mejía-Trejo A., García-Esquivel Z. La profundidad e hidrodinámica como herramientas para la selección de espacios acuícolas en la zona costera. *Ciencias Marinas*, 36(3): 249-265.

- De Groot, R., M. A. Wilson y R. M. J. Bowmans. 2002. A typology for the classification, description, and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41: 393-408.
- Díaz-Castañeda, V. A de León-González, E. Solana-Arellano. 2005. Structure and Composition of Polychaete Community from Bahía San Quintín, Pacific Coast of Baja California, Mexico. *Bulletin of Southern California Academy of Science*. 104(2): 75-99.
- Díaz-Castañeda, V. and Reish, D. J. 2009. Polychaetes in Environmental Studies En: Shain, D.H. *Annelids in Modern Biology*. NJ, Estados Unidos, John Wiley & Sons, Inc. pp 205-227.
- Diaz, S., D. Tilman y J. Fargione. 2005. Biodiversity regulation of ecosystem services. En: *Millennium Ecosystem Assessment Report-Trends and conditions*, Island Press, Washington D.C.
- Dorgan, K.M., P. Jumar, B.D. Johnson, B.P. Boudreau. 2006. Macrofaunal Burrowing: The medium is the message. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 44: 85-121.
- Enríquez-Andrade, R. 2010. Valuation of the services provided by wetland ecosystems in Baja California. Informe Técnico presentado a Pro Esteros A.C. Ensenada, Baja California. 110 pp.
- Fauchland, K. 1977. The polychaete worms. Definitions and keys to the orders, families and genera. *Natural History Museum of Los Angeles County*. 188pp.
- Fauchland, K. y P.A. Jumars. 1979. The diet of worms: A study of polychete feeding guilds. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 17:193-284.
- García Esquivel, Z., M.A. González Gómez, M.S. Galindo, J.M. Hernández Ayón, F. (2000) Microgeographic differences in growth, mortality and biochemical composition of the Pacific oyster (*Cassostreagigas*) from San Quintin Bay, northwest Mexico. *Journal of Shellfish Research* 19:789-798.
- Giangrande, A., Cavallo, A., Licciano, M., Mola Pierre, C., Trianni, L. 2005. The utilization of the filter feeder polychaete *Sabellaspallanzanii* (Sabllediae) as bioremediator in aquaculture. *Aquac. Int.* 13: 129-136.

- Gómez-Baggethun E., R. de Groot. 2007. Capital natural y funciones de los ecosistemas: explorando las bases ecológicas de la economía. *Ecosistemas* 16(3): 4-14.
- Juárez-Villareal M. 1982. Modelo Unidimensional de Dispersión para un Estuario Ramificado y su Aplicación a Bahía San Quintín. Tesis de Doctorado. División de Oceanología del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. 95 pp.
- King, D.M. 1997. Comparing ecosystem services and values with illustrations for performing Habitat equivalent Analysis. Paper 1. Prepared for U.S. Department of Commerce.
- Katsutoshi I, M. Nozaki, T. KUNIHIRO, C. MIURA and T MIURA. 2011. Study of Sediment Cleanup Using Polychaetes. *Interdisciplinary Studies on Environmental Chemistry—Marine Environmental Modeling & Analysis*, Eds., K. Omori, X. Guo, N. Yoshie, N. Fujii, I. C. Handoh, A. Isobe and S. Tanabe, pp. 133–139.
- Kinoshita K, S. Tamaki, M. Yoshioka, S. Srithonguthai, T. Kunihiro, D. Hama, K. Ohwaday H. Tsutsumi. 2008. Bioremediation of organically enriched sediment deposited below fish farms with artificially mass-cultured colonies of a deposit-feeding polychaete *Capitella sp. I*. *Fisheries Science*. 74: 77-87.
- Kremen, C. 2005. Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology? *Ecology Letters* 8: 468-479
- Lambert, A. 2003. Valoración económica de los humedales: un componente importante de las estrategias de gestión de los humedales a nivel de las cuencas fluviales (en línea). Disponible:
http://www.conservationfinance.org/Documents/CF_related_papers/Valoracion_economica_humedales_7_July_2003.pdf. Consultado 10 mayo, 2010.
- Lara-Aguilar, A. y C. Echeverría. 2007. Conclusiones del Congreso Internacional de los Servicios Ecosistémicos de los Neotrópicos: Estado del arte y desafíos futuros. *Bosque* 28 (1):10-12.
- Levin, S.A., N. Blair, D. DeMaster, G. Plaia, W. Fornes, C. Martin y C. Thomas. 1997. Rapid subduction of organic matter by malidanid polychaetes on North Carolina slope. *Journal of Marine Research*, 55: 595-611.

- Levin, S.A. 1999. *Fragile Dominion: Complexity and the Commons*. Perseus Books, New York.
- León-González, J.A., J.R. Bastida-Zavala, L.F. Carrerra-Parra, M.E. García-Garza, A. Peña-Rivera, S.I. Salazar-Vallejo y V. Solis-Weiss (eds.). 2009. *Poliquetos (Annelida: polychaeta) de México y América tropical*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey. 737pp.
- Licciano, M.L, Stabili, L. Giangrande, A. 2005. Clearance rates of *Sabella spallanzanii* and *Branchiommalictuosum* (Annelida Polychaeta) on a pure culture of *Vibrio alginolyticus*. *Water Res.* 139:4375-4384.
- Méndez, N.; Linke-Gamenick, I.; Forbes, V. E.; Baird, D. J. 2001. Sediment processing in *Capitella spp.* (Polychaeta: Capitellidae): strain-specific differences and effects of the organic toxicant fluoranthene. *Marine Biology*. Vol 138 (2), 311-319.
- Millán-Núñez, R., S. Álvarez- Borrego y D. M. Nelson. 1982. Effects of physical phenomena on the distribution of nutrients and phytoplankton productivity in a costal lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 15: 317-335.
- Miravet Regalado, M. E. 2008. Abundancia, actividad y diversidad de las bacterias heterótrofas en el Golfo de Batabanó y su uso como indicadoras ambientales. Tesis. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente Instituto de Oceanología. Departamento de Biología Marina. 190pp.
- Mitsch W.J. y J.G. Gosselink, 2000. *Wetlands*. John Wiley & Sons Inc. 3ª ed. Estados Unidos. 922pp.
- Monreal-Gómez, M. A. 1980. Aplicaciones de un Modelo de Dispersión en Bahía San Quintín, Baja California, México. Tesis de Maestría. División de Oceanología del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. 84 pp.
- MEA (Millenium Ecosystem Assessment), 2005. *ECOSYSTEMS AND HUMAN WELL-BEING: WETLANDS AND WATER Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.
- Mooney, H. A. y P. R. Ehrlich. 1987. Ecosystem services: a fragmentary history. En: G. C. Daily (ed.). *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*.

- Moreno-Miranda, C. 2007 Variabilidad Espacial de la Composición Taxonómica del Fitoplancton en Bahía San Quintín. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad de Baja California. 81 pp.
- Nicol, E.A. T. 1930. The feeding mechanism, formation of tube, and physiology of digestion of *Sabella pavonina*. Transactions of the Royal Society of Edinburgh, 56: 537-598.
- Palmer, P.J. 2010. Polychaete-assisted
- Quétier, F., E. Tapella, G. Conti, D. Cáceres, S. Díaz. 2007. Servicios ecosistémicos y actores sociales. Aspectos conceptuales y metodológicos para un estudio interdisciplinario. Gaceta ecológica número especial 84-85: 17- 27.
- Röder, H. 1971. Gansysteme von *Paranoisfulgens* Levinsen, 1883 (Polychaeta) in oekologischer, ethologischer und aktupalaeontologischer Sicht. *Skenckenbergiana Maritima*. 3: 3-51.
- Rodríguez-Cardozo, L. 2007. Valoración Económica de las Surgencias den Bahía San Quintín, Baja California. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad de Baja California. 74 pp.
- Rodríguez-Villareal, V. Martínez-Lara, R. 2007. Bentos (en línea). México. Disponible en <http://www.ecomar.org>. Consultado el 25 enero del 2010.
- Rouse, G. W. y Pleijel W. 2001. Polychaetes. Oxford University. E.U.A. 354pp.
- Sarukhán, J. 2006. Capital natural y bienestar social. CONABIO. México. 71pp.
- Simpson, Edward H. 1949. Measurement of diversity. Nature. 163:688
- Seoáñez M., R. Varela, P. Ladaria, C.M., Fernández, A. Perez, J.M. Parafita, S. Urquijo, M. Berrocal, F. García y P. Seoáñez. 2000. Manual de contaminación marina y restauración del litoral: contaminación, accidentes y catástrofes, agresiones a las costas y soluciones: el turismo de costa, la pesca la ordenación y la gestión del litoral. Mundi Prensa. España. 217pp.
- Tapia-Vázquez, O., H.M González, L.M. Sáenz, R. García. 2008. Manual de buenas prácticas en granjas ostrícolas de San Quintín, Baja California, México. CESAIBC. 36pp.

Tsutsumi, H. 1987. Population dynamics of *Capitellacapitata* (Polychaeta; Capitellidae) in an organically polluted cove. Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol 36:139-149.

Tsutsumi, H. 1990. Population persistence of *Capitella sp.*(Polychaeta; Capitellidae) on a mud flat subject to environmental disturbance by organic enrichment.

Tzelin, A. B. 1994. Fine morphology of the feeding apparatus of *Cossura sp.*(Polychaeta, Cossuridae) from the White Sea. Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 162: 137-143.

www.vassarstat.net. Consultado el 24 de Julio del 2013

Marine Invertebrate Phylogenetics Lab. SIO. UCSD. Disponible en

<http://spineless.ucsd.edu/Annelida%20AToL%20site/Capitella.html> Consultado el 4 de Enero del 2014.

Comunicaciones personales

Adán Mejía Trejo. 2010. Programa para Google Earth de la batimetría de Bahía San Quintín. Ensenada, Baja California. (Contacto personal).

Guadalupe Paniagua. 2010. Capitán, pescador de Bahía San Quintín.