

**UNIVERSIDAD DE SONORA**

**MAESTRÍA EN SUSTENTABILIDAD**

**MANEJO SUSTENTABLE DE LA PESQUERÍA DE ALMEJA DE  
SIFÓN (*Panopea Sp.*) EN LA REGIÓN DEL ALTO GOLFO DE  
CALIFORNIA.**

The seal of the University of Sonora is a large, light gray watermark in the background. It features a central shield with a lamp of knowledge, an open book, and a banner with the motto "TODO LO ILUMINAN". Below the shield is a torch. The shield is flanked by two figures holding a banner. The entire seal is encircled by the text "UNIVERSIDAD DE SONORA" and the year "1942" at the bottom.

**Rene David Loaiza Villanueva**

**Director de Tesis  
C. a Dr. Rafael Pérez Ríos**

**Hermosillo, Sonora, México.**

**Febrero 2015.**



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"


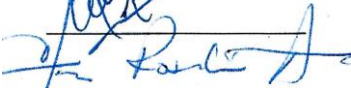
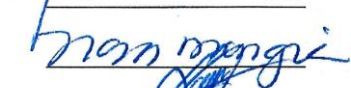

Universidad de Sonora División  
de Ingeniería Departamento de  
Ingeniería Industrial Posgrado  
en Sustentabilidad  
Maestría en Sustentabilidad  
Es ecialidad en

Hermosillo, Sonora a 7 de febrero del 2015

**Dra. Nora Elba Munguía Vega**  
**Coordinadora de Programa**  
**Maestría en Sustentabilidad**  
**Presente.-**

Por este conducto, hago de su conocimiento que estoy de acuerdo que se realice el examen de posgrado del alumno (a) Rene David LoBiza Villanueva con Expediente 213190031, el cual será el día 10 de febrero del 2015 en sala de juntas de la División de Ciencias Económicas y Administrativas, Edificio 10 J, planta baja a las 19:00 horas.

**Relación de Jurados:**

	<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>
<b>PRESIDENTE:</b>	C. a Dr. Rafael Pérez Ríos	
<b>SECRETARIO:</b>	Dra. Clara Rosalía Álvarez Chávez	
<b>VOCAL:</b>	Dra. Nora Elba Munguía Vega	
<b>SUPLENTE:</b>	Dr. Javier Esquer Peralta	

**ATENTAMENTE**

**MIEMBROS DEL JURADO**

# INDICE DE CONTENIDO

<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	6
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	8
<b>2. OBJETIVO GENERAL</b> .....	9
<b>3. OBJETIVOS ESPECIFICOS</b> .....	9
<b>4. ANÁLISIS LITERARIO</b> .....	10
4.1. Pesca ribereña .....	10
4.2. La pesquería de almeja de sifón .....	11
4.3. Método de captura.....	13
4.4. Caracterización de poblaciones.....	14
4.5. Indicadores de salud del ecosistema .....	15
4.6. Estrategias de Manejo sustentable .....	17
<b>5. METODOLOGIA</b> .....	20
5.1. Tipo de estudio .....	20
5.2. Diseño utilizado .....	20
5.3. Alcance .....	20
5.4. Objeto de estudio.....	20
5.5. Selección y tamaño de muestra .....	20
5.6. Instrumentos de recolección y manejo de datos .....	22
5.7. Evaluación del esfuerzo pesquero.....	22
5.8. Sitios de muestreo.....	23
5.9. Colecta de muestras con nucleador .....	24
5.10. Colecta de muestras con sistema air lift.....	25
5.11. Fijación y tinción.....	27
5.12. Identificación taxonómica .....	28
5.12. Análisis de granulometría.....	29
5.13. Análisis bioecológico de las comunidades bentónicas .....	30
5.14. Análisis multivariado de la composición del ecosistema.....	31
5.15. Impacto del sistema de pesca en el ambiente bentónico.....	31
5.16. Diseño de estrategias para el manejo sustentable de la pesquería de almeja .....	32
<b>6. RESULTADOS</b> .....	33
6.1. Distribución espacial y temporal del esfuerzo pesquero aplicado a la pesquería.....	33
6.2. Comportamiento de las capturas en el tiempo .....	34
6.3. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE). Kg/día/embarcación .....	35
6.4. Beneficios económicos .....	36
6.5. Análisis de granulometría de los sitios de estudio.....	36

6.6. Análisis bioecológico de las comunidades existentes .....	39
6.7. Reclutamiento de almeja.....	40
6.8. Características observadas en los bancos de almeja en San Felipe BC. ....	41
6.8. Características de los bancos de almeja en Puerto Peñasco Sonora:.....	41
6.9. Impacto del sistema de pesca en el ambiente bentónico .....	42
6.10. Cuantificación de la biodiversidad y características de sitios.....	42
<b>7. ANÁLISIS O DISCUSIÓN</b> .....	<b>44</b>
7.1. Diagnóstico de distribución espacial y temporal del esfuerzo pesquero. ....	44
7.2. Beneficio económico .....	45
6.3. Análisis bioecológico de las comunidades existentes. ....	46
6.4. Impacto del sistema de pesca en el ambiente bentónico. ....	49
6.5. Diseño de estrategias para el manejo sustentable de la pesquería de almeja de sifón ( <i>Panopea sp.</i> ) en la región del Alto Golfo de California. ....	50
<b>8. CONCLUSIONES.</b> .....	<b>52</b>
<b>9. RECOMENDACIONES.</b> .....	<b>53</b>
<b>10. REFERENCIAS.</b> .....	<b>54</b>

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 5.1. Datos geográficos de los sitios de monitoreo de muestras de sedimento (Datum WGS84).	26
Tabla 6.1. Productores y captura total en el periodo de estudio de junio 2013-mayo 2014.	36
Tabla 6.2 . Características del esfuerzo pesquero aplicado a la pesquería de almeja de sifón en el periodo de estudio.	39
Tabla 6.3. Composición granulométrica observada de las muestras de sedimento de los sitios de estudio.	39
Tabla 6.4. Dimensiones de los orificios post captura en sedimento.	45
Tabla 6.5. Matriz de datos de características de sitios de estudio.	45

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 5.1. Mapa del alto golfo de california con indicaciones de los sitios de colecta (puntos verdes).	24
Figura 5.2. Mapa de los sitios de colecta (puntos verdes) y algunos de los banco de almeja de San Felipe, Baja California.	24
Figura 5.3. Mapa de los sitios de colecta y el banco principal de almeja de Puerto Peñasco, Sonora.	25
Figura 5.4. Imagen de nucleador utilizado en la colecta de muestras de sedimento.	27
Figura 5.5. Sistema de colecta de muestras de sedimento en embarcación.	28
Figura 5.6. Sistema de “suction sampler” o “air lift” construido para la colecta de muestras de sedimento.	28
Figura 5.7. Tamiz de malla de 2 mm para la colecta del material.	29
Figura 5.8. Esquema del sistema de colecta “air lift” y su utilización.	30
Figura 5.9. Imágenes del proceso de obtención de conspicuos para identificación taxonómica y cuantificación.	31
Figura 5.10. Imágenes de báscula analítica, pesaje y conservación de muestras en frascos con etanol.	32
Figura 6.1. Mapa de áreas de pesca autorizadas de almeja de sifón	36
Figura 6.2. Comportamiento de las capturas en el periodo de estudio.	38
Figura 6.3. Comportamiento de las capturas por unidad de esfuerzo CPUE kg/día/embarcación.	38
Figura 6.4. Gráfica de las proporciones de tipos de sedimento identificado en los sitios de estudio.	40
Figura 6.5. Vista anterior de la gráfica de las proporciones del tipo de sedimento de los sitios de estudio.	41
Figura 6.6. Proporción de clases observadas en los análisis de invertebrados de los sitios de Baja California y Sonora.	42
Figura 6.7. Análisis de similitud de las proporciones de los grupos de clases de los invertebrados (95%)	43

Figura 6.8. Imagen de las semillas de almeja de sifón obtenidas en muestras de San Felipe B. C.	43
Figura 6.9. Registros de semillas de almeja de sifón observados en el estudio.	45
Figura 6.10. Grafica dendrograma de similitud de las características de los sitios de estudio.	46

## RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo de este trabajo es prevenir, reducir y/o eliminar prácticas no sustentables en la pesquería de almeja de sifón (*Panopea sp.*) en la región del Alto Golfo de California, esta pesquería es reciente y ha tomado importancia por generar fuertes divisas y beneficios, por esta condición y por su limitado conocimiento biológico se hace necesario generar nuevo conocimiento que asegure la sustentabilidad. Para este trabajo se hizo un análisis del estado del arte, se diagnosticó la distribución espacial y temporal del esfuerzo pesquero en el periodo de junio de 2013 a mayo de 2014, se analizaron las características físicas y biológicas de las zonas de los bancos de almeja y se analizó el impacto ambiental del sistema de pesca en el invierno de 2015. Se observó que la región de San Felipe cuenta con mejores aptitudes físicas y biológicas para la pesquería, aunque los precios de la almeja y los beneficios económicos por jornada por embarcación son menores comparativamente con Puerto Peñasco; los bancos de San Felipe cuentan con mayores proporciones de sedimentos finos y conchas de moluscos, los niveles de riqueza, diversidad y biomasa son menores. Se concluye que el sistema de pesca (wáter jet) no impacta significativamente a las comunidades biológicas y se propone la instalación de una veda temporal que proteja el periodo reproductivo; así como la pertinencia del monitoreo del reclutamiento y la maricultura. Este trabajo generó nuevo conocimiento que permitirá mejorar las condiciones de manejo de la pesquería a través de las estrategias propuestas.

The objective of this work is to prevent, reduce and/or eliminate unsustainable practices in the geoduck clam fishery (*Panopea sp.*) in the Upper Gulf of California, this is a recent fishery that has gained importance because it generates currency and benefits, for this condition and its limited biological knowledge is necessary to generate new knowledge to ensure sustainability. For the realization of this work it was analyzed the state of the art, the spatial and temporal distribution of fishing effort officially registered in the period from June 2013 to May 2014, physical and biological characterization was made of the areas of clam banks and the environmental impact assessment of water jet fishing system in the winter of 2015. It was observed that San Felipe has better physical, biological and recruitment conditions for the fishery, although clam prices and average of economic benefits per day per vessel are minor in comparison to Puerto Peñasco; San Felipe banks have higher proportions of fine sediment and shells of mollusks and lower levels of richness, diversity and biomass. It is concluded that the water jet system has no significant impact on biological communities and it was proposed the installation of a temporary off season to protect the reproductive period; the recruitment monitoring and mariculture is highly recommended for the fishery sustainability. This study generated new knowledge that will improve the conditions for the management of the fishery through proposed strategies.



## **1. INTRODUCCIÓN.**

La pesquería de almeja de sifón del Alto Golfo de California es una pesquería reciente e importante, en poco tiempo las capturas han sobrepasado las capturas de países como Estados Unidos y Canadá que tradicionalmente han sido los mayores exportadores al mercado oriental, la generación de nuevo conocimiento durante la realización de este trabajo permitió proponer estrategias que coadyuvarán a transitar hacia una pesquería sustentable. Este documento contiene en su primera sección el análisis del estado del arte respecto a sus riesgos ocupacionales, factibilidad biológica y económica de la pesquería, en las secciones siguientes contiene la descripción metodológica de los estudios mixtos en los que se evaluaron el esfuerzo pesquero aplicado a la pesquería en el Alto Golfo de California de junio de 2013 a mayo de 2014, la caracterización que se realizó del medio físico y las comunidades biológicas que se encontraron en los bancos de almeja de sifón de Puerto Peñasco Son. y San Felipe B.C. en el verano de 2013; contiene además la metodología y los análisis que se realizaron para cuantificar los impactos que genera el sistema de pesca en el medio físico y en la comunidad bentónica-intersticial asociada a los bancos de almeja. En su parte final contiene las estrategias propuestas para mejorar el manejo actual de la pesquería.

Como resultados relevantes del estudio se tiene que el esfuerzo aplicado a la pesquería en número de permisos, número de personas directamente involucradas y capturas por unidad de esfuerzo fueron mayores en la costa de San Felipe B.C., aunque los precios declarados y los beneficios económicos por jornada de pesca son mayores en la costa de Puerto Peñasco. Los tipos de sedimentos de los bancos de almeja de San Felipe y Puerto Peñasco están compuestos principalmente por arenas finas, con mayores proporciones de limo-arcilla y conchas de moluscos en San Felipe. La biomasa, la riqueza y la diversidad de especies son mayores en los bancos de Puerto Peñasco. El registro de reclutamiento de almeja solo fue significativo para los sitios de San Felipe. El impacto del sistema de pesca en volumen de sedimento y biomasa removida no representa un impacto significativo en el ambiente bentónico. Como estrategias de manejo principales se propone la instalación de una veda que proteja el periodo reproductivo, el monitoreo de reclutamiento con el sistema air lift en los bancos para instalar zonas de refugio/rotación de bancos, la colecta de semilla para repoblamiento y la implementación de sistemas de maricultura a partir de la colecta y el desove en laboratorio de individuos maduros de la pesca comercial.

## **2. OBJETIVO GENERAL**

Prevenir, reducir y/o eliminar prácticas no sustentables en la pesquería de almeja de sifón (*Panopea sp.*) en la región del Alto Golfo de California, México.

## **3. OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

- Elaborar un análisis del estado del arte de la pesquería de almeja de sifón, sus riesgos ocupacionales, factibilidad biológica y económica.
- Diagnosticar la distribución espacial y temporal del esfuerzo pesquero aplicado actualmente a la pesquería de almeja y los beneficios económicos generados.
- Analizar bioecológicamente las comunidades existentes y el impacto del sistema de pesca en el ambiente bentónico.
- Diseñar estrategias para el manejo sustentable de la pesquería de almeja de sifón (*Panopea sp.*) en la región del Alto Golfo de California.

## 4. ANÁLISIS LITERARIO.

### 4.1. Pesca ribereña

La pesca se define como el acto de extraer, capturar o recolectar, por cualquier método o procedimiento, especies biológicas o elementos biogénicos, cuyo medio de vida total, parcial o temporal, sea el agua (DOF, 2007); los sistemas marinos son proveedores de una serie de servicios ambientales, de estos servicios uno de los más importantes es la pesca extractiva; la pesca representa el medio de vida y de ingresos para aproximadamente 12 millones de personas en el mundo, de esta cifra alrededor del 90% de estas personas que viven de la pesca lo hacen a nivel de pequeña escala, también conocida como pesca ribereña (Morzaria, et al., 2013).

Los mares donde se realiza la pesca en México se definen por la “Food and Agriculture Organization” (FAO) de la Organización de Naciones Unidas (ONU), como los mares que se encuentran en el Atlántico Centro-Occidental (5° de latitud norte-35° de latitud Sur) y en el Pacífico Centro Oriental (40° de latitud Norte-5° de latitud Sur) estos se caracterizan por ser mares cálidos y contar con una gran diversidad de especies, aunque estas no se presentan en forma regular con una gran densidad de individuos en comparación con grupos de especies de mares fríos alrededor de los polos (Alcalá, 2003).

Sin embargo el Golfo de California en México se considera un sitio con presencia de recursos pesqueros masivos y fuertes variaciones medioambientales (Lluch, Morales y Lluch, 2008); este es un mar cerrado subtropical considerado por algunos investigadores como una región de alta diversidad y por otros como una región mega diversa, además de contar con un alto grado de endemismo (Ainsworth, et al., 2012); este es una fuente de recursos pesqueros para los mercados a nivel nacional e internacional (Morzaria, et al., 2013).

La pesca ribereña en el Golfo de California es proveedora de alimentos y de empleo para aproximadamente 50,000 personas que operan alrededor de 25,000 embarcaciones menores (Cinti, et al., 2009,); específicamente el norte del Golfo de California (sobre los 28° norte) comprende la región de las grandes islas del Golfo de California hasta el Delta del Rio Colorado, es considerado uno de los ecosistemas más productivos en el mundo, en esta región operan aproximadamente 2,100 embarcaciones, entre estas se encuentran las

embarcaciones de las comunidades de Puerto Peñasco, Golfo de Santa Clara en Sonora y San Felipe en Baja California (Rodríguez Quiroz, et al., 2010).

Muchos investigadores consideran que los beneficios de la pesca y toda la riqueza del Golfo de California podría verse amenazada por los efectos del cambio climático, se estima que en el periodo de 2020 a 2029, se proyecta un incremento de 0.5° C a 1° C en la temperatura global del océano, esto generará cambios en los patrones de corrientes, en los patrones de surgencias y en la frecuencia e intensidad de anomalías oceanográficas; inclusive en la región del norte del Golfo de California ya se han notado cambios en los patrones estacionales de temperaturas, es así que se esperan aumentos de 0.5-1 m en el nivel medio del mar a lo largo de la región del Golfo de California en los próximos 100 años, en este sentido se conoce que las áreas de humedales costeros que funcionan como hábitat de crianza y refugio para muchas especies comerciales serán las áreas de mayor vulnerabilidad (Morzaria, et al., 2013).

#### 4.2. La pesquería de almeja de sifón

En algunas regiones del mundo se entiende por pesquería al sitio del espacio marino en que se lleva a cabo la captura de la especie objetivo, es decir el sitio de presencia del stock o población en el caso de las pesquerías monoespecíficas o de varios stocks en los casos de pesquerías multiespecíficas (Alcalá, 2003); sin embargo en México una pesquería se define como el conjunto de sistemas de producción de la actividad económica de producción pesquera, abarcando desde la captura, el manejo, el procesamiento, y la comercialización, inclusive su estructura organizativa y las relaciones de producción en su ámbito geográfico y temporal (DOF, 2007).

La pesquería de almeja de sifón *Panopea globosa* (Hendrickx, et al., 2005) en el Alto Golfo de California es muy reciente, su aprovechamiento se inicia con permisos de fomento en el 2004 y evoluciona a nivel comercial hasta el 2012 por lo que aún se conoce poco y todavía no se puede definir tendencias en su captura (DOF 2012).

Aunque existe amplia información de las pesquerías del genero *Panopea* en varias regiones del mundo (Fisheries and Oceans Canada, 2002; Trennor y Danner, 2008), algunos investigadores consideran que se puede utilizar esta información como un punto de partida para fines de manejo (DOF, 2012); sin embargo otros investigadores consideran que el escaso conocimiento de la almeja de sifón en el noroeste mexicano pone en riesgo la

aplicación de medidas efectivas de manejo pesquero (González, 2013); en todo caso deberían establecerse estrategias de manejo para esta pesquería bajo un enfoque por completo precautorio, por desconocerse gran parte de su biología y su pesquería (Ramírez, et al., 2012), aunado al hecho de que en regiones del mundo donde se ha aprovechado a esta almeja por décadas, aun el impacto de la extracción de la almeja sobre sus depredadores y en la cadena alimenticia no se ha estudiado a profundidad (Trennor y Danner, 2008).

Recientemente en Sonora esta pesquería empieza a formar parte de las pesquerías ribereñas más importantes debido a su alto valor comercial y su alta demanda en los países asiáticos (DOF, 2012); esto ha venido sucediendo en varias regiones del mundo en los que existen especies de almeja del mismo género, en algunos países como Alaska los precios se han elevado desde 0.70 dls/lb en 1994 hasta más de \$10 dls/lb en años recientes (Brickey, et al., 2012); mientras que en Sonora los precios han fluctuado desde 8 hasta 14 dls/kg de peso entero vivo (Suárez, 2013).

En este sentido la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables (LGPAS) nos brinda una guía general para regular las pesquerías en México y promueve la elaboración de los Planes de Manejo Pesqueros como una de las estrategias para el manejo sustentable (DOF 2007).

Estos planes de manejo son instrumentos de ordenamiento diseñados para generar o articular información fundamental para orientar el quehacer en la intrincada red de valor que representan las pesquerías ribereñas de México (Ramírez, et al., 2012); es por esto que en noviembre de 2012 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Acuerdo de Plan de Manejo Pesquero de la pesquería de almeja de sifón para el estado de Sonora, especificándose en su programa de investigación los temas dirigidos a cubrir estos vacíos de información (DOF, 2012).

El valor y la demanda de este producto ha generado una alta presión social para acceder al recurso por las personas que no cuentan con derechos de uso del recurso, aunada a una escasa inspección y vigilancia (Ramírez, et al., 2012), esta presión sobre el recurso en ocasiones puede sobrepasar la capacidad de recuperación de las poblaciones y la capacidad de las autoridades pesqueras para controlar el acceso y evitar la sobreexplotación, situación que algunos investigadores definen como la tragedia de los comunes, con todas sus desafortunadas consecuencias para el medio ambiente y sociedad (Ostrom 2009).

### 4.3. Método de captura

La captura de la almeja se realiza con embarcaciones menores por medio del buceo semiautónomo (hooka) (DOF, 2012); este sistema consiste en un compresor de aire de 5 a 7 caballos conectado a un contenedor (madrina) del que se deriva una manguera con aire a presión y regulador que utiliza el buzo para respirar (Cudney y Boyer, 1998).

Para la remoción del sedimento del fondo para la extracción de la almeja se utiliza una bomba de agua autocebante, de esta se conecta una manguera con pichancha para la succión y una mangueras de expulsión de 50 mt de longitud de 2 pulg de grosor, al término de la manguera se conecta un tubo a manera de “pistola de agua” (wáter jet), el buzo camina sobre el fondo buscando los orificios de los sifones de las almejas en el fondo, una vez localizados el buzo clava la pistola de agua alrededor del sifón logrando un orificio lo suficientemente grande y profundo para extraerla manualmente, este procedimiento se realiza regularmente hasta cientos de veces en cada faena de pesca (Loaiza, 2013).

Algunos investigadores que han estudiado a esta pesquería en Alaska consideran que el uso de estas pistolas de agua, son una potencial amenaza tanto para la pesquería de la almeja panopea como para el ecosistema; este puede originar perturbaciones biológicas ya que las actividades de las comunidades bentónicas son elementales para mantener las propiedades biológicas, químicas y físicas del sedimento, un ejemplo de esto es la “bioturbation/biodeposition” (Mermillod-Blondin, 2011), conocido como el proceso por el que los organismos que viven en y sobre el fondo incrementan la profundidad del sedimento aeróbico disponible para colonización, mismo que genera importantes beneficios como la regulación de los ciclos del carbono, del nitrógeno y sulfuros, al descomponer y resuspender la materia orgánica del sedimento que originara beneficios en productividad primaria y secundaria en los sistemas pelágicos (Willner, 2006).

Adicionalmente este sistema de captura puede alterar significativamente la comunidad infaunal, e incrementar la posibilidad de ocurrencias del síndrome de envenenamiento “Paralytic Shellfish Poisoning” (PSP), envenenamiento por toxinas marinas originada por microorganismos marinos o “marea roja”, al resuspenderse los huevecillos y quistes de estos microorganismos (Brickey et al., 2012).

Mientras que otros investigadores como en el estado de Washington en USA, consideran que los impactos en el corto plazo son probables, pero en el largo plazo los impactos serían insignificantes para el hábitat bentónico y el medio ambiente comparado con los beneficios económicos que se generan (Trennor y Danner, 2008).

Desafortunadamente no existen estudios en México sobre el impacto de este método de pesca en las comunidades bentónicas infaunales, aunado al hecho de que parte de la pesca de este recurso se realiza dentro de una área natural protegida (DOF, 2012).

#### 4.4. Caracterización de poblaciones

El impacto de las actividades humanas en los recursos vivos ha venido creciendo en el último siglo, amenazando el balance de los ecosistemas (Brusca, 1980; Muniz, et al., 2010). En las zonas costeras marinas, específicamente en las zonas cercanas a las áreas urbanas, las comunidades bentónicas están sujetas a cambios ecológicos negativos asociados principalmente a eutrofización, deficiencia de oxígeno, contaminación y sobrepesca (Rosenberg, et al., 2004); además de otros factores como la alteración del hábitat y el cambio climático que afectan la riqueza y composición de las comunidades bentónicas (Levin, et al., 2001).

El grado de disturbio y las afectaciones pueden desencadenar diferentes grados de desestabilización o aun en casos extremos la mortalidad en masa de las comunidades bentónicas, el conocimiento del comportamiento de las metapoblaciones y su resiliencia serán de relevancia para entender el funcionamiento del ecosistema bentónico marino (Pinto-Pereira, et al., 2013).

El proceso inicial de diagnóstico de un ecosistema es definido como caracterización (Muniz, et al., 2010); aunque el diccionario de la real academia española (DRAE, 2001), solo define la palabra caracterizar como “*la acción y efecto de caracterizar o caracterizarse*” este término y el de *monitoreo ambiental* son frecuentemente confundidos en los informes técnicos y en la literatura, en la práctica no existen leyes o normas que describan detalladamente cuáles deben ser las estructuras o procesos analizados en los trabajos de caracterización o evaluación de impactos ambientales (Muniz, et al., 2010). En todo caso el principal objetivo de cualquier investigación sobre el medio ambiente béntico será la colección de evidencia a través de la evaluación apropiada de los datos de monitoreo (Zollet, et al., 2011).

En biología marina existe una larga historia del uso de sistemas de colecta de información para caracterización de ecosistemas, para generación de información como línea base, en estudios sobre contaminación (Rosenberg, et al., 2004), en estudios de zonificación y en muestreos cuantitativo de poblaciones, así como para complementar estudios visuales y fotográficos (Riera, 2013).

Los muestreos de bentos en aguas marinas poco profundas y en la zona intermareal generalmente se llevan a cabo utilizando dragas (Rosenberg, et al., 2004); cuadrantes de muestreo de diferentes tipos o sus derivados; así como muestreadores de tubo “nucleadores” para muestreo de sedimentos o micromeiofauna; un tipo particular de muestreador apropiado para su uso en aguas someras (de 0 a 25 m profundidad) son las sorbonas o “air lift”, las cuales han sido diseñadas para su uso con buzos y para el muestreo cuantitativo de volúmenes (o superficies) acotados (Zaixso, 2002).

Los air lift, inicialmente se utilizaron por arqueólogos para excavar en la arena y en el sedimento en ruinas de barcos hundidos, y por Ingenieros civiles en la construcción, actualmente en biología marina se utilizan para el muestreo de bentos marino (Rostrom, 2001).

Su funcionamiento se basa en el principio de que un gas aumenta su volumen a medida que disminuye la presión sobre el mismo (Ley de los gases de Boyle), el gas forma burbujas dentro de un tubo vertical sumergido, entre dos burbujas contiguas se halla una pequeña columna de agua, a medida que las burbujas ascienden se dilatan y aumenta su poder de tracción sobre las porciones de agua adyacentes (Mackey, 1972). De esta manera, en el extremo inferior del tubo, el agua, las partículas y objetos que arrastra tienden a entrar para reemplazar el agua ascendente, esto sucede con mayor fuerza conforme mayor sea el recorrido vertical de las burbujas dentro del “air lift”, se conoce que la eficiencia de estos sistemas aumenta conforme es mayor la profundidad del sitio de colecta (Zaixso, 2002).

#### 4.5. Indicadores de salud del ecosistema

Las comunidades de organismos bentónicos de fondos blandos son indicadores apropiados del estatus de los ecosistemas marinos y su estructura se considera una poderosa herramienta para el monitoreo de cambios en el medio ambiente a través del tiempo (Pinto-Pereira 2013). En los últimos años ha crecido de forma importante el interés en el uso de indicadores



ecológicos bentónicos para la evaluación de la calidad y/o condición ecológica de los ambientes bentónicos, la definición apropiada de indicadores nos permite identificar las condiciones de la biota, permite la identificación de problemas no detectados o desestimados en los análisis y permiten la evaluación del progreso en los casos de la recuperación de los ecosistemas afectados (Muniz, et al., 2010).

Puesto que las comunidades de organismos bentónicos son considerados sistemas complejos con niveles de integridad, ensamblaje y organización diferentes (Azovzky, 2009); las formas de abordar la utilización de indicadores en la práctica son variadas, algunos investigadores utiliza indicadores de densidad (número de organismos por m<sup>2</sup>), biomasa (gramos en peso seco libre de cenizas) y riqueza de especies (número de especies en 0.1 m<sup>2</sup>), e.g. para evaluar los cambios en las comunidades originados por la elevación del nivel del mar por cambio climático (~2 mm/año), sedimentación (3-6 mm/año) y de posible hundimiento del suelo por la extracción de gas natural en el mar Wadden de Holanda (Beukema, 2002).

Mientras que otros utilizan índices más completos como el de diversidad de Shanon y sus variantes, índices de complejidad, fuerza de interacciones, organización (Azovzky, 2009); indicadores de enriquecimiento orgánico, hidrocarburos, metales pesados y pesticidas (Gomez y Morales, 2012); presencia/ausencia de especies, condición, abundancia relativa, suceso reproductivo, estructura de la asociación (composición), función en la comunidad (estructura trófica), o cualquier otra combinación de estas características (Muniz, 2010).

Aun conociéndose que en ocasiones no se tienen la capacidad para poder identificar los cambios en la organización del sistema bentónico (Azovzky, 2009); los indicadores biológicos pueden ser una alternativa rápida y económica para evaluar los impactos sobre la biota y lo que debe de pesar para determinar la pertinencia o no del uso de un indicador es la relevancia científica, no la frecuencia de uso o su viabilidad logística (Muniz, 2010).

En varios lugares del mundo la utilización de indicadores se inició al aplicarse programas de monitoreo de largo plazo que al momento cuentan con varias décadas de seguimiento (Beukema, 2002).

En México la literatura en el tema es escasa y particularmente en el norte del Golfo de California el uso de indicadores se limita a la caracterización y descripción en la generación de listados faunísticos en los momentos en que se han llevado a cabo investigaciones aisladas, en ocasiones de manera incidental (Hendrickx, 2012); algunos investigadores

mexicanos consideran que se tienen los elementos requeridos para llevar a cabo estudios comparativos de las comunidades que permitan evaluar los cambios, pero es necesaria la inyección de recursos financieros a esta área del conocimiento (López, et al., 2012).

#### 4.6. Estrategias de Manejo sustentable

El entendimiento de los componentes de las pesquerías son esenciales para el manejo sustentable (DOF, 2007), con el objeto de evaluar estos sistemas e identificar las variables que originan el manejo sustentable o el colapso de una pesquería, algunos investigadores reconocen a estos como sistemas socio-ecológicos en general, estos se dividen en subsistemas complejos y variables internas, en este caso definen como el principal sistemas al recurso (pesquería de almeja), unidad del recurso (almeja), usuarios (pescadores) y al sistema de gobernanza (instituciones y reglas que rigen la pesca) (Ostrom, 2009). Inclusive a mayor escala esta región marina del norte del Golfo de California es considerada como uno de estos sistemas socio-ecológicos (Morzaria, et al., 2013).

Los recursos de la pesca en general son muy diversos y su desarrollo sustentable depende en las decisiones de gestión y de prácticas responsables para lograr objetivos elementales como la seguridad alimentaria y el bienestar de las comunidades costeras (DOF, 2007), la FAO cuenta con un departamento especializado para Pesca y Acuicultura, en el que se comparte información y estrategias específicas que nos pueden orientar para el desarrollo sustentable de las pesquerías (FAO, 2013).

Entre estas estrategias generales se encuentran la aplicación del enfoque ecosistémico en la pesca (EEP), este de manera holística promueve la gestión integral del recurso con respecto a las variables económicas y las condiciones sociales, en este se revierte el orden de las prioridades de manejo, iniciando con el ecosistema antes que con la especie objetivo (Espinoza-Tenorio, et al., 2011).

Además como estrategia se reconoce a la adopción de los principios del Código de conducta de pesca responsable, este es un acuerdo de las Naciones Unidas firmado en 1995 en el que 170 países se comprometieron de forma voluntaria a adoptar los objetivos y metas que buscan optimizar el aprovechamiento de los recursos ícticos y su conservación; así como las estrategias para la eliminación de la pesca ilegal no declarada y no reglamentada (Illegal, Unreported Underestimated fishing “IUU”) esta es la pesca irregular que se da en mar abierto

y en las zonas económicas exclusivas de los países, que limitan los alcances de la pesca sustentable, todas estas promovidas por la FAO (FAO, 2013).

Las estrategias del manejo por cuotas individuales transferibles, que representan la captura de una proporción de la biomasa aprovechable (Total Allowable Catch “TAC”), dividida entre los usuarios del recurso, este sistema ha venido desarrollándose en cientos de países en el mundo con resultados positivos (Branch, 2009).

Además de los temas de gobernanza, los procesos de agregación de valor para generar productos terminados con penetración a diferentes mercados han probado de ser estratégicos para mejorar la cadena de valor (SAGARPA, 2006); el seguimiento de los procesos de trazabilidad desde la captura hasta el mercado final, generan certidumbre y confiabilidad a través de la cadena de distribución de los productos pesqueros; el eco-etiquetado que brinda certidumbre en el origen y manejo sustentable de los productos del mar, basados en la certificación de los procesos por un tercero (Deere, 1999), entre otros temas que se observan con mayor profundidad al adentrarse en el análisis de cada pesquería en específico (FAO, 2013).

En este sentido México cuenta con la Carta Nacional Pesquera (CNP), documento que por ley se actualiza y publica cada año, este es un instrumento de planeación que contiene el resumen de la información de diagnóstico y conservación de los recursos pesqueros, el inventario de estos, el esfuerzo pesquero susceptible de aplicarse, los lineamientos y estrategias para la conservación, protección, restauración y aprovechamiento de estos recursos; así como las normas aplicables. La misma Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentable (LEGEPAS) especifica los instrumentos de la política pesquera, como los programas de ordenamiento pesquero, la elaboración de los planes de manejo, y los permisos y concesiones (DOF, 2007).

Recientemente se ha considerado como parte fundamental del manejo sustentable de las pesquerías al conocimiento de la variabilidad ambiental y sus efectos, esto no sucedía anteriormente como ha sido tradicionalmente considerado para otras actividades como en la agricultura y ganadería (López 2008).

Las actuales estrategias de manejo para las pesquerías consideran a la variabilidad ambiental como un factor relevante, se reconoce al calentamiento global como el cambio reciente de calentamiento rápido (último siglo), sostenido e identificable; estas manifestaciones tienen

impactos en los recursos naturales y es necesario estudiarlas y considerarlas, en el diseño de estrategias y métodos para incorporar dichos conocimientos a los esquemas de administración (López, 2008); esta se diferencia de las otras formas de variabilidad climática porque su origen puede estar relacionado con la influencia del hombre más que con ciclos naturales de variabilidad (Lluch, Morales y Lluch, 2008).

Aunque existe la creencia de que el impacto del cambio climático en las pesquerías se produce a muy largo plazo, cambios climáticos abruptos como el Niño u oscilación del Sur (ENSO) con variaciones en periodos de cinco a siete años, se han reconocido desde varias décadas como responsable de impactos significativos en las pesquerías, de esta forma el análisis de la respuesta de la pesca en el contexto del cambio climático está limitado a los últimos cincuenta años que abarcan los registros de datos de captura (Chávez y Castro 2008).

Además existe la teoría en la evaluación de poblaciones de presuponer que la capacidad de carga del ecosistema limita la biomasa de esa población, pensando que ha sido relativamente constante a través del tiempo, el problema científico está en separar las causas naturales de las de origen antropogénico que son las responsables de la variabilidad poblacional, se supone que una capacidad de carga constante implica que las tasas de número de adultos y de número de reclutas han sido más o menos constantes durante largos periodos de tiempo y que la mortalidad por pesca son la principal causa de los cambios en el tamaño de las poblaciones (Chávez y Castro, 2008).

Uno de los enfoques establecidos alrededor del mundo para el manejo sustentable de pesquerías, principalmente en países en desarrollo es el Co-manejo, este se considera como un enfoque alternativo para el manejo convencional de los recursos, este se define como el manejo con responsabilidad y autoridad compartida, entre el estado, los usuarios del recurso y la colaboración entre diferentes grupos, agencias gubernamentales, organizaciones no gubernamentales, organizaciones de investigación, organismos privados y la sociedad civil en general (Evans, Cherrett y Pems, 2011); bajo este esquema de responsabilidades compartidas se logra incluir las opiniones y necesidades de la sociedad como uno de los pilares fundamentales para lograr el desarrollo humano sustentable (SAGARPA, 2012).

## **5. METODOLOGIA**

### **5.1. Tipo de estudio**

La metodología que se utilizó para este estudio fue mixta, ya que se utilizaron técnicas cuantitativas y cualitativas, se combinaron para construir y analizar los datos.

### **5.2. Diseño utilizado**

Para la evaluación del esfuerzo pesquero aplicado a la pesquería se llevó a cabo un muestreo no experimental obteniendo datos oficiales de captura y esfuerzo. Para el establecimiento de los grupos de las comunidades bentónicas y la evaluación de los impactos del arte de pesca en el medio físico (fondo) se realizó un muestreo bioecológico experimental.

### **5.3. Alcance**

El estudio se realizó en Puerto Peñasco, Sonora y en San Felipe B.C. durante el periodo de junio de 2013 a enero de 2015.

### **5.4. Objeto de estudio**

La pesquería de almeja de sifón, evaluación de los impactos ambientales y alternativas para reducción y prevención de los riesgos asociados en el aprovechamiento de la pesquería.

### **5.5. Selección y tamaño de muestra**

Para el muestreo bioecológico se seleccionaron en forma no aleatoria 10 sitios de muestreo en el banco principal de almeja en San Felipe Baja California a lo largo de una línea imaginaria del punto de mayor abundancia en dirección al Puerto de San Felipe (figura 5.2) y 11 sitios de muestreo a lo largo de una línea imaginaria que atraviesa la parte central del banco principal de almeja en la región de Puerto Peñasco en Sonora (figura 5.3).

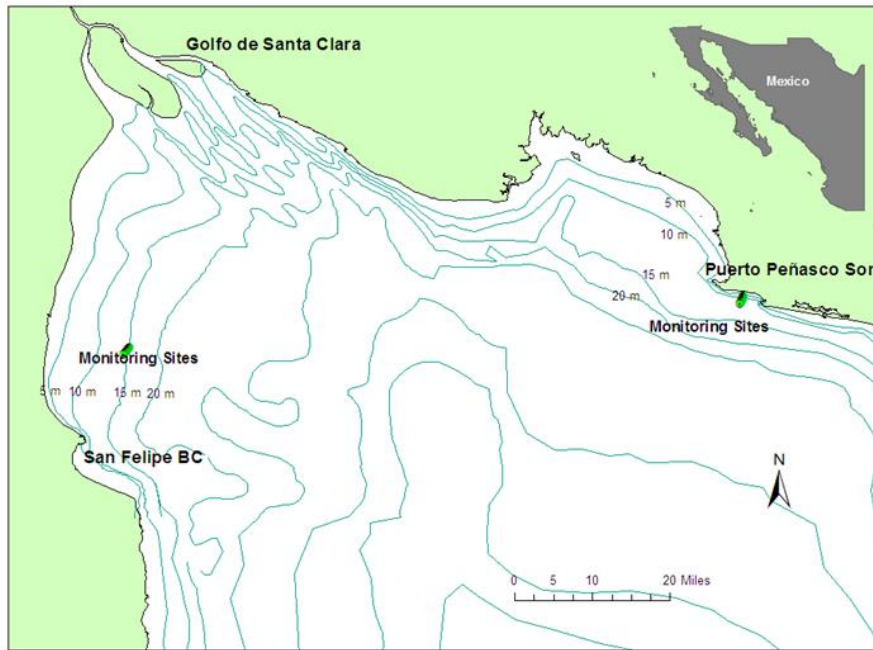


Figura 5.1. Mapa del alto golfo de California con indicaciones de los sitios de colecta (puntos verdes).

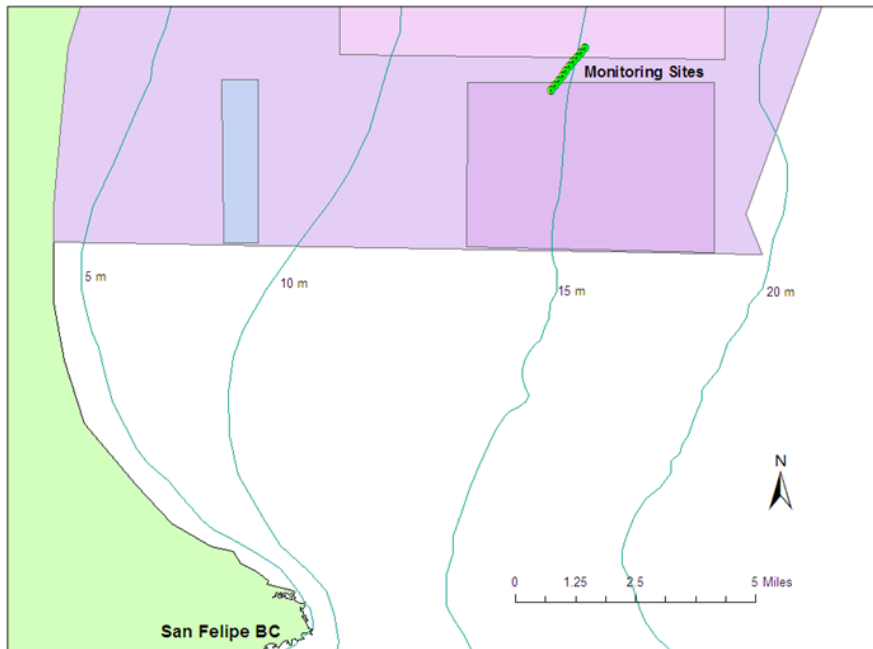
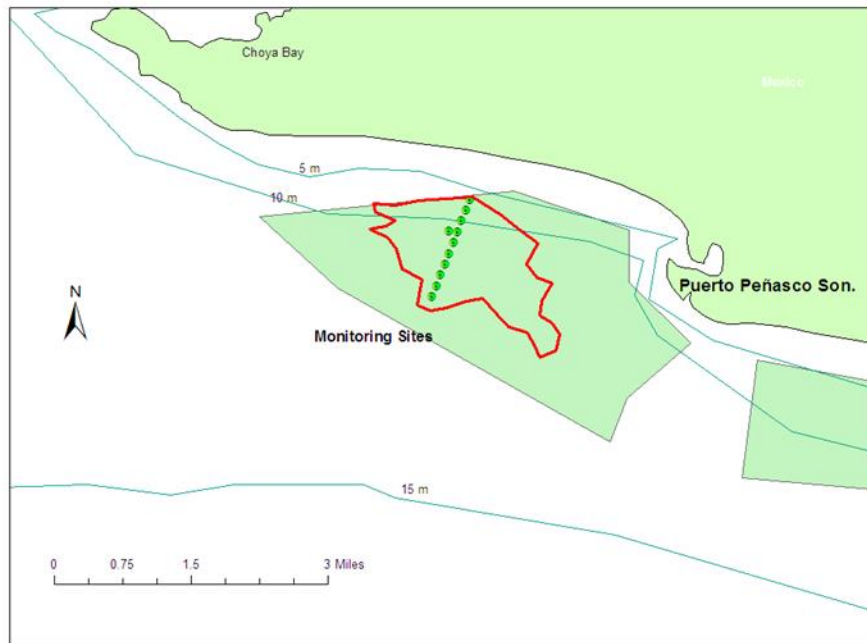


Figura 5.2. Mapa de los sitios de colecta (puntos verdes) y algunos de los banco de almeja de San Felipe, Baja California.



**Figura 5.3. Mapa de los sitios de colecta y el banco principal de almeja de Puerto Peñasco, Sonora.**

### 5.6. Instrumentos de recolección y manejo de datos

La colecta de información de esfuerzo y captura se realizó de fuentes oficiales. La colecta de muestras en el medio natural se realizó con equipo de buceo autónomo y con equipo de colecta de nucleadores; además se diseñó y probó un sistema de “airlift” con tamizado a bordo de la embarcación para la obtención de las muestras biológicas del sedimento. El análisis de muestras, manejo de datos del monitoreo biológico y de granulometría de sedimentos se realizó en las instalaciones del DICTUS Hermosillo y en las instalaciones del Centro Intercultural de Estudios de Desiertos y Océanos AC. de Puerto Peñasco. El manejo y análisis de los datos se realizó en tablas de Office Excel 2010, Sistema de Información Geográfica (Arcgis 10.2) y el programa estadístico para análisis multivariado Minitab 16.

### 5.7. Evaluación del esfuerzo pesquero

El diagnóstico de la distribución espacial y temporal del esfuerzo pesquero aplicado en el periodo de estudio y los beneficios económicos generados, se obtuvo de las fuentes oficiales de registros pesqueros de la pesquería de almeja “avisos de arribo de las embarcaciones menores”, para esto se solicitaron formalmente y por escrito a las oficinas

locales en Puerto Peñasco Sonora y en las oficinas de San Felipe Baja California de la Comisión Nacional de Pesca y Acuicultura CONAPESCA.

Los registros de captura, esfuerzo pesquero y valor de las capturas de almeja de sifón se capturaron en bases de datos en Excel, agrupándose y analizándose.

Con el objeto de respetar la anonimidad de los productores (Russell, 2006), el registro de resultados de la información de las cooperativas y permisionarios se presenta solo como registro subsecuente de productores (e.g. productores de la comunidad de San Felipe en B.C., SFE 1, SFE 2, SFE 3...Productores de la comunidad de Puerto Peñasco Sonora PPE 1, PPE 2, PPE 3...).

## 5.8. Sitios de muestreo

La colecta de muestras de sedimento del banco de Puerto Peñasco en Sonora (PPE), se llevó a cabo realizando una selección no azarosa de 11 sitios de muestreo a lo largo de una línea imaginaria que atraviesa la parte central del banco de almeja *Panopea sp.* en aprovechamiento por la Sociedad Cooperativa PPE 8, formando una línea de puntos equidistantes separados 200 mt c/u, para efecto de análisis se utilizaron las muestras de 8 sitios de las zonas de mayor abundancia de los bancos de almeja. La colecta de muestras de la región de San Felipe en Baja California (SFE) se realizó también a lo largo de una línea imaginaria con 10 puntos equidistantes de 200 mt tomando como punto inicial la zona con mayor profundidad del banco aprovechado por la Sociedad Cooperativa SFE 17, en línea imaginaria hacia el puerto de San Felipe, para efecto de análisis se utilizaron las muestras de 7 sitios de la zona de mayor abundancia de almeja.

**Tabla 5.1. Datos geográficos de los sitios de monitoreo de muestras de sedimento (Datum WGS84).**

Fecha de colecta (día/mes/año)	Sitio	Latitud	Longitud
<b>02-jul-13</b>	<b>PPE 1</b>	31.301868	-113.589478
<b>02-jul-13</b>	<b>PPE 2</b>	31.303569	-113.588805
<b>02-jul-13</b>	<b>PPE 3</b>	31.305289	-113.588135
<b>30-jun-13</b>	<b>PPE 4</b>	31.307	-113.587482
<b>30-jun-13</b>	<b>PPE 5</b>	31.308718	-113.586825
<b>30-jun-13</b>	<b>PPE 6</b>	31.31043	-113.58615
<b>29-jun-13</b>	<b>PPE 7</b>	31.31215	-113.58549
<b>29-jun-13</b>	<b>PPE 8</b>	31.31387	-113.58484



29-jun-13	PPE 9	31.31556	-113.58418
26-jun-13	PPE 10	31.31222	-113.58677
26-jun-13	PPE 11	31.31732	-113.58353
15-jul-13	SFE 1	31.208176	-114.738206
15-jul-13	SFE 2	31.209592	-114.737127
15-jul-13	SFE 3	31.211078	-114.736016
14-jul-13	SFE 4	31.212494	-114.734903
14-jul-13	SFE 5	31.213905	-114.733787
14-jul-13	SFE 6	31.215352	-114.732639
14-jul-13	SFE 7	31.216777	-114.731538
13-jul-13	SFE 8	31.218135	-114.730466
13-jul-13	SFE 9	31.219600	-114.729290
15-jul-13	SFE 10	31.221048	-114.728151

## 5.9. Colecta de muestras con nucleador

La colecta de muestras de sedimento se realizó con un nucleador de PVC con tapa enroscable (7.5 cm de diámetro con 20 cm de longitud) para caracterización de granulometría de sedimento bentónico, esta colecta se realizó introduciendo manualmente el nucleador sin tapa directamente en el fondo del sitio de estudio hasta la base de los soportes, para entonces colocar la tapa para generar vacío y evitar la pérdida del material de muestra de sedimento blando al extraer el nucleador del fondo marino, aun el buzo en el fondo, se desenrosca la tapa y se vacía el contenido en bolsa plástica, asegurándose de cerrar herméticamente la bolsa para su traslado a superficie para su fijación-tinción.



Figura 5.4. Imagen de nucleador utilizado en la colecta de muestras de sedimento.

## 5.10. Colecta de muestras con sistema air lift

La colecta de muestras de sedimento con sistema air-lift se obtuvo del estrato superficial del fondo blando de un área de 2 m<sup>2</sup> por 10 cm de profundidad en cada sitio de colecta.

Para esto se utilizó un cuadrante de varilla corrugada de 3/8' de diámetro, de 1 m x 1 m de lado colocándose por dos ocasiones en cada sitio de muestreo, obteniendo así la muestra de dos metros cuadrados.

		
<b>Colecta de sedimento con “air lift”</b>	<b>Tamizado a bordo</b>	<b>Tamiz de 2 mm para captación de muestra.</b>

Figura 5.5. Sistema de colecta de muestras de sedimento en embarcación.

Con la ayuda del sistema air lift basado en aire comprimido descrito anteriormente, se colecta esta capa superficial de los cuadrantes. El equipo consiste en un tubo de polivinilo transparente de 40 cm de longitud unido por un cople de PVC del mismo diámetro a la manguera corrugada, este se encuentra adaptado para que una pistola de aire comprimido inyecte aire a  $\pm 100$  lbs/pulg<sup>2</sup> en el centro del tubo. Esta pistola de aire depende de una manguera que proviene del compresor de aire de 5 caballos de fuerza de la embarcación.



**Figura 5.6. Sistema de “suction sampler” o “air lift” construido para la colecta de muestras de sedimento.**

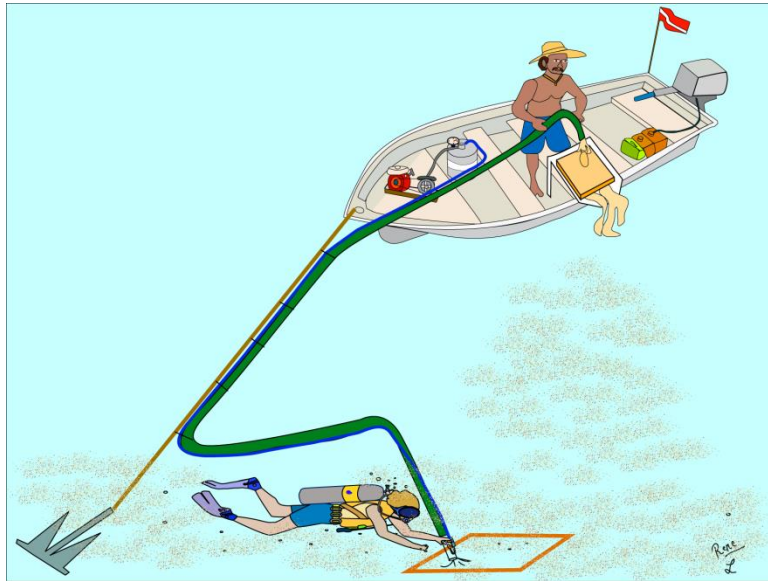
El tubo colector se encuentra conectado a la manguera plástica corrugada rígida de 2 ½ pulgadas de diámetro de 20 mts de longitud (tipo pichancha), que se encuentra atada a la embarcación, esta a su vez termina en el tamiz de malla de 2 mm a bordo de la embarcación.



**Figura 5.7. Tamiz de malla de 2 mm para la colecta del material.**

La operación de este sistema de colecta acarrea la muestra de sedimento para ser captada en el tamiz a bordo.

Todo el sistema de manguera de succión y manguera de abasto de aire comprimido para la pistola del air lift, se utiliza de preferencia atado a lo largo del cabo del ancla de la embarcación o a un lastre independiente para evitar el problema de la flotabilidad positiva del sistema air lift en el momento de las operaciones.



**Figura 5.8. Esquema del sistema de colecta “air lift” y su utilización.**

El sistema de tamizado total a bordo evita el manipuleo de un volumen grande de sedimento que demandaría una cantidad fuerte de solución de fijador (formalina) y evita la afectación de los invertebrados pequeños o frágiles en las operaciones y traslado. Este sistema de tamizado a bordo permitió procesar todo el volumen de sedimento de los 2 m<sup>2</sup>, aumentando las posibilidades de obtener organismos de baja densidad en las muestras.

Una vez terminada la operación de colecta submarina, el material de sedimento colectado en el tamiz a bordo fue transferido a frascos de plástico etiquetados.

### 5.11. Fijación y tinción.

El sedimento de muestras en los frascos se fijó químicamente, para evitar su degradación. La fijación se llevó a cabo con formalina al 5% (2-4% Formaldehído) en solución de agua de mar, por un tiempo de 2 días a una proporción de 3:1 de solución respecto al volumen de muestra (Gray et al. 1992; Eleftheriou and Holme 1984 en Rostrom, 2001).

Para la obtención de 1 lt de solución de formalina al 5%, se colocaron 50 ml. de formaldehído concentrado (Formaldehído al 37%) en agua para aforarse a 1 lt.

Se utilizó carbonato de calcio (8 gr por litro de solución de formalina) como agente estabilizador de ph (buffer) para evitar afectaciones de los especímenes por acidificación como la disolución de estructuras calcáreas de los invertebrados.

Para la tinción de los organismos vivos se utilizó solución de rosa de bengala, 4 g/l en formaldehído al 36% (Pohle, 2011).

Las muestras después del proceso de fijación y de tinción se lavaron con agua abundante en un lugar ventilado, posteriormente se separaron los invertebrados manualmente con ayuda de charolas de disección, lentes de aumento, agujas, y pinzas de disección. Los organismos separados se colocaron en frascos etiquetados y fueron preservados en etanol al 70%. Esto previene posibles afectaciones a las estructuras calcáreas de los especímenes a largo plazo y también elimina la exposición tóxica a los vapores de formalina (posible carcinógeno) durante la separación y clasificación taxonómica de las muestras.

Resaltar el color de pequeñas cantidades de especímenes conspicuos en un residuo de detritus facilito la separación, al contrastarse con el resto del material a través de la tinción de los invertebrados.



**Figura 5.9. Imágenes del proceso de obtención de conspicuos para identificación taxonómica y cuantificación.**

## 5.12. Identificación taxonómica

Una vez separados los invertebrados se separaron en grupos a nivel taxonómico de clases (e.g. crustacea, gastropoda, pelecypoda, ophiuroidea, holoturoidea, polychaeta.)

Todos los especímenes de cada clase fueron pesados en balanza analítica (Acculab modelo AL-104 prec. 0.01 mg), los especímenes separados en clases se separaron a nivel familias para colocarse de nuevo en frascos en etanol.



Los especímenes separados en familias se identificaron con ayuda de microscopio de disección y guías de identificación hasta el menor nivel taxonómico posible.



**Figura 5.10. Imágenes de báscula analítica, pesaje y conservación de muestras en frascos con etanol.**

En los casos de identificaciones taxonómicas dudosas se indicó hasta el menor nivel taxonómico confiable precedido por un signo de interrogación (e.g. *Capitella ?capitata*), o antes del nombre del género si es el caso (*?Capitella*) (Pohle, 2011).

Cuando se dio el caso de una sola especie en el género se indicó con "sp." seguido del género (e.g. *Capitella* sp.), en los casos en que se conoce la existencia de varias especies se indicó con "spp." (*Capitella* spp.). En los casos que no se lograron identificar género o especie se asignaron nombres a grupos (Sp1, Sp2, Sp3...) para poder agruparlos y hacer los análisis en la aplicación de índices de biodiversidad.

## 5.12. Análisis de granulometría

Las muestras de sedimento colectadas con nucleador en cada sitio de monitoreo se obtuvieron con el objetivo de realizar análisis de granulometría, esta muestra se fijó con formalina estabilizada y se etiqueto adecuadamente. Este procedimiento fue específico para cada una de las muestras de sedimento obtenidas con el nucleador, de cada muestra fue necesario registrar en bitácora de laboratorio su peso húmedo en bascula analítica para proceder con el secado en horno de laboratorio (Quincy Lab Inc. Model 20 GC Lab Oven 60-225 F) por el tiempo que fue necesario para que la muestra no presentara diferencia en

el peso contiguo anterior, usualmente fue de más de tres hora de secado en la estufa eléctrica a una temperatura de  $(110 \pm 5)$  °C hasta obtener masa constante.

Después del proceso de secado de las muestras se llevó a cabo el tamizado de las muestras con el juego de tamices (Screen sieve set 02977 R.M. Industries Inc.) con la metodología propuesta por (AENOR, 2006 y Rosenberg et al., 2004); los tamices cuentan con abertura de malla desde 3.4 mm, 2 mm, 0.86 mm, 0.38 mm, 0.15 mm y 0.0063 mm. Se pesó el material retenido por el tamiz de mayor tamaño de abertura y se registró su masa como R1, continuando en orden decreciente hasta llegar al tamiz de 0.0063 mm registrando las masas de las diferentes fracciones de material retenido como R2, R3,...Rn. Se registró el peso el material que quedo en la bandeja del fondo anotándose su masa.

Para efectos de análisis comparativos la masa de las partículas retenidas en los diferentes tamices se expresó como porcentaje respecto de la masa seca total del material.

Los porcentajes acumulados que pasan por cada tamiz se presentan en forma numérica y en forma gráfica, realizando un análisis de similitud con apoyo de software Minitab 16.

Se validaron los resultados obtenidos, comprobando que la suma de las masas de todas las fracciones (Ri) y la masa de material inicial no defiriera significativamente.

### 5.13. Análisis bioecológico de las comunidades bentónicas

Para la evaluación de la diversidad biológica entre los sitios de muestreo se aplicaron los índices de riqueza de Margalef (Dmg), el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') y el índice de diversidad de Simpson (Ds).

Índice de diversidad de Margalef (Dmg):

$$\text{Margalef } D_{Mg} = \frac{(\hat{S} - 1)}{\ln N}$$

Donde

$n_i$  = número de individuos en el sistema de la especie determinada  $i$

$N$  = número total de individuos

$S$  = número total de especies

Índice de Shannon-Wiener (H'): Se basa en la teoría de la información y por tanto en la probabilidad de encontrar un determinado individuo en un ecosistema. El valor máximo

suele estar cerca de 5, pero hay ecosistemas excepcionalmente ricos que pueden superarlo. Se considera un índice de equidad.

A mayor valor del índice indica una mayor **biodiversidad** del ecosistema.

Normalmente toma valores entre 1 y 4.5 y valores encima de 3 son típicamente interpretados como "diversos"

$$H = -\sum_{i=1}^s p_i \cdot \log_2(p_i)$$

Donde

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Índice de Diversidad de Simpson: Se parte de la base de que un sistema es más diverso cuanto menos dominancia de especies hay, y la distribución es más equitativa. El valor mínimo para este índice es 1 que indica que no hay diversidad. Se considera un índice de dominancia.

$$diversidad = \frac{N(N-1)}{\sum_i n_i(n_i-1)}$$

(Ñique, 2010; Brunetti et al., 2014).

#### 5.14. Análisis multivariado de la composición del ecosistema.

Una vez analizados los datos biológicos de las muestras de sedimento se construyó una matriz de datos con las variables de biomasa por sitio, número de especies, sumatoria de abundancia, índices de diversidad de Margalef, Shannon-Wiener, Simpson, y profundidad por sitio. Estos datos fueron incorporados a la plataforma del Software Minitab 16 con la función análisis multivariado, se realizaron análisis de similitud de las variables al 95%, obteniendo los endogramas de amalgamación en forma de árbol de conglomerados.

#### 5.15. Impacto del sistema de pesca en el ambiente bentónico.

La evaluación del impacto del sistema de pesca específicamente la remoción del sedimento de la pistola de agua para la extracción de la almeja, se llevó a cabo con equipo de buceo scuba obteniéndose datos de campo durante las faenas normales de captura insitu, se



registraron las dimensiones de profundidad y diámetro de los orificios (n=11) que dejaron los buzos inmediatamente después de extraer las almejas y se hicieron análisis volumétricos del cuerpo de almejas (n=30) en laboratorio, con la ayuda de recipientes graduados con los que se partió de un volumen conocido de agua al que se le agregó la almeja registrándose el volumen de agua desplazado en ml, para posteriormente por diferencia volumétrica obtener el volumen de cada almeja.

Con estos datos se estimaron los volúmenes promedio de sedimento removido, los volúmenes que ocupan las almejas dentro del sedimento (inicial) y el volumen de sedimento de la capa superficial de los 10 cm donde se encuentran los organismos intersticiales y bentónicos conocidos que se remueve por cada almeja capturada, así como la estimación de la biomasa de invertebrados removida por cada almeja capturada.

#### 5.16. Diseño de estrategias para el manejo sustentable de la pesquería de almeja

Para diseñar estrategias de manejo sustentable y hacer las recomendaciones de manejo para la pesquería se analizaron los resultados de este estudio, se analizaron los instrumentos de manejo aplicados actualmente a la pesquería (Planes de Manejo, Programas de Ordenamiento, Legislación pesquera en México); así como literatura científica sobre manejo sustentable de pesquerías, identificando oportunidades de mejora que se describen en los resultados.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Distribución espacial y temporal del esfuerzo pesquero aplicado a la pesquería.

El esfuerzo pesquero de la pesquería ha tenido un crecimiento acelerado en la costa este de Baja California, en la comunidad de San Felipe ha alcanzado un total de 26 organizaciones pesqueras, mientras que en la costa Sonorense ha alcanzado únicamente un total de 10 organizaciones (figura 6.1, tabla 6.1).

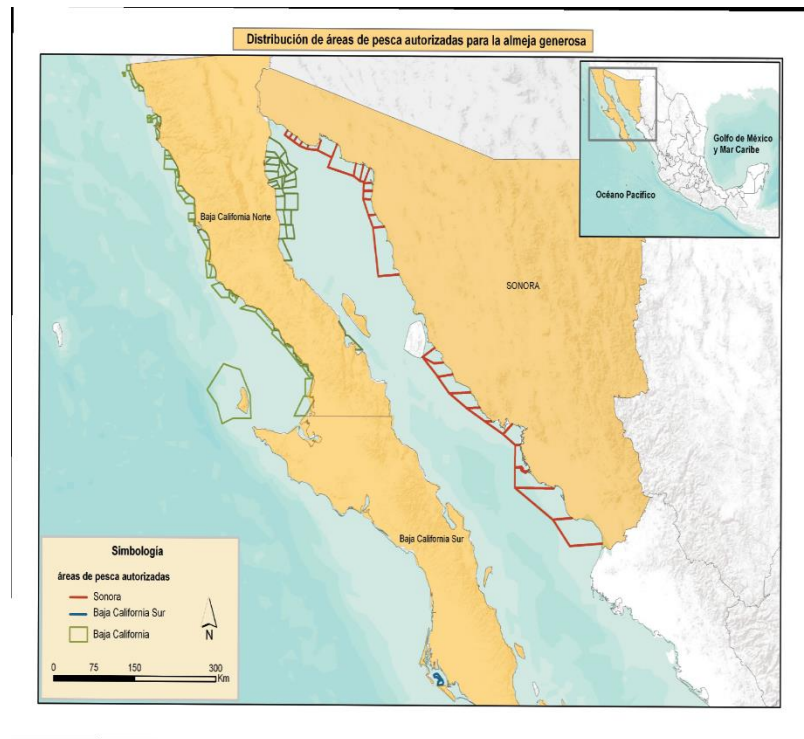


Figura 6.1. Mapa de áreas de pesca autorizadas de almeja de sifón

(Fuente: POAG, 2014)

En el periodo de estudio la captura total registrada en avisos de arribo para las comunidades de San Felipe B.C. y Puerto Peñasco fue de 1,438 ton y de 726 ton respectivamente sumando un total de 2,168 ton (tabla 6.1).

Tabla 6.1. Productores y captura total en el periodo de estudio de junio 2013-mayo 2014.

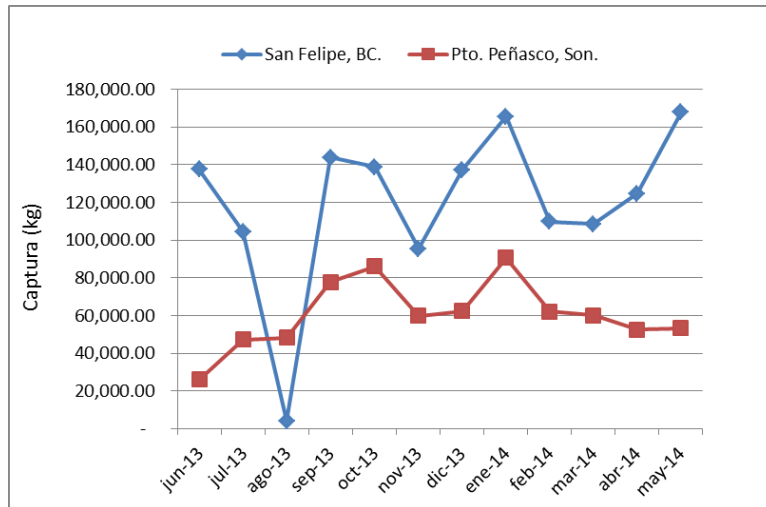
San Felipe, Baja California		Puerto Peñasco, Sonora	
Productor	Captura total (kg)	Productor	Captura total (kg)
SFE 1	175.00	PPE 1	28,334.00

<b>SFE 2</b>	36,596.00	PPE 2	780.00
<b>SFE 3</b>	12,761.00	PPE 3	763.00
<b>SFE 4</b>	70,555.00	PPE 4	1,200.00
<b>SFE 5</b>	140,436.00	PPE 5	203,199.00
<b>SFE 6</b>	2,010.00	PPE 6	400.00
<b>SFE 7</b>	95,261.00	PPE 7	270.00
<b>SFE 8</b>	4,252.00	PPE 8	339,685.00
<b>SFE 9</b>	980.00	PPE 9	37,445.50
<b>SFE 10</b>	4,248.00	PPE 10	114,225.70
<b>SFE 11</b>	145,238.00		
<b>SFE 12</b>	12,456.00		
<b>SFE 13</b>	10,092.00		
<b>SFE 14</b>	254,063.00		
<b>SFE 15</b>	39,555.00		
<b>SFE 16</b>	18,350.00		
<b>SFE 17</b>	106,732.00		
<b>SFE 18</b>	56,909.00		
<b>SFE 19</b>	11,152.00		
<b>SFE 20</b>	70,507.00		
<b>SFE 21</b>	73,027.00		
<b>SFE 22</b>	35,457.00		
<b>SFE 23</b>	440.00		
<b>SFE 24</b>	236,099.00		
<b>SFE 25</b>	356.00		
<b>SFE 26</b>	398.00		
<b>Total</b>	1,438,105.00	<b>Total</b>	726,302.20

(Fuente: Avisos de arribo CONAPESCA).

## 6.2. Comportamiento de las capturas en el tiempo

Las capturas mensuales para las comunidades de San Felipe B.C. y Puerto Peñasco Son., presentan un comportamiento similar en la mayoría de los meses del periodo de estudio, la captura en San Felipe muestra una fuerte disminución en el mes de agosto, mientras que en Puerto Peñasco los menores registros fueron en el mes de junio (figura 6.2).



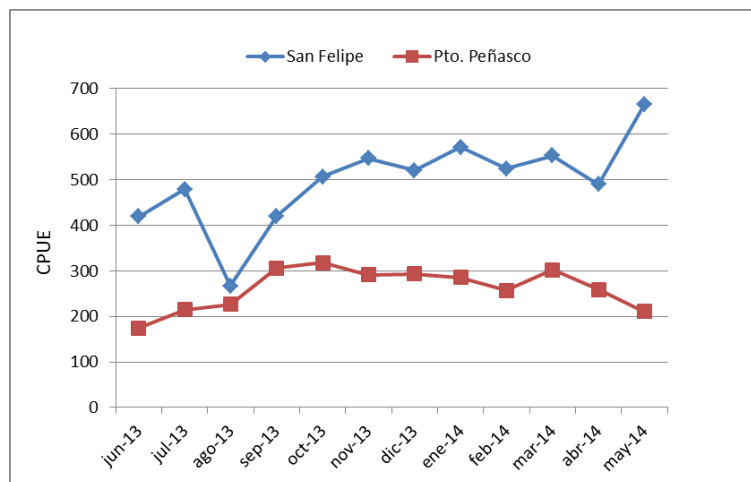
**Figura 6.2. Comportamiento de las capturas en el periodo de estudio.**

(Fuente: Avisos de arribo CONAPESCA).

La captura media mensual en la comunidad de San Felipe fue de 119.8 ton mientras que para la comunidad de Puerto Peñasco fue solo de 60.5 ton

### 6.3. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE). Kg/día/embarcación

Los registros de CPUE en kg por día por embarcación fueron mayores para la comunidad de San Felipe durante todo el periodo de estudio (Figura 6.3), la CPUE media para las comunidades de San Felipe y Puerto Peñasco fue de 512.3 kg/día/ emb y de 262.8 kg/día/emb respectivamente.



**Figura 6.3. Comportamiento de las capturas por unidad de esfuerzo CPUE kg/día/embarcación.**

#### 6.4. Beneficios económicos

Los beneficios económicos generados por la pesquería son mayores en general para la comunidad de San Felipe, dado que tanto el número de embarcaciones, el número de permisos y el número de pescadores beneficiados son mayores en comparación con Puerto Peñasco, aun así los precios de playa declarado en los avisos de arribo de San Felipe se encuentran muy por debajo de los declarados en Puerto Peñasco al mismo tiempo los precios de mercado en playa fluctúan alrededor de 9 y 4 US dls (126 y 56 pesos M.N.) en la comunidad de Puerto Peñasco y San Felipe respectivamente (Tabla 6.2).

**Tabla 6.2 . Características del esfuerzo pesquero aplicado a la pesquería de almeja de sifón en el periodo de estudio.**

<b>Comunidad</b>	<b>Número de permisos</b>	<b>Número de Pangas autorizadas</b>	<b>Número de pescadores</b>	<b>Precio promedio declarado en avisos arribo (M.N.)</b>	<b>Precio promedio de mercado en playa (M.N.)</b>	<b>Captura promedio por día de pesca (Kg)</b>	<b>Valor de captura por día de pesca por embarcación (M.N.)</b>
<b>Puerto Peñasco, Son.</b>	10	41	123	52	126	262	33,012
<b>San Felipe, BC.</b>	26	94	282	19.7	56	512	28,672

#### 6.5. Análisis de granulometría de los sitios de estudio.

La caracterización del tipo de sedimento de los sitios de estudio se realizó a través del análisis de granulometría con base en las categorías de talla de grano (United States Agriculture Department).

**Tabla 6.3. Composición granulométrica observada de las muestras de sedimento de los sitios de estudio.**

<b>Composición</b>	<b>Arcilla</b>	<b>Limo</b>	<b>Arena fina</b>	<b>Arena mediana</b>	<b>Arena gruesa</b>	<b>Arena muy gruesa</b>	<b>Conchas de moluscos</b>

	< 0.0063 mm	0.0063- 0.15 mm	0.15- 0.38 mm	0.38- 0.86 mm	0.86- 2.0 mm	2.0- 3.4 mm	> 3.4 mm
<b>PPE 1</b>	2.56	20.76	66.16	6.82	2.65	0.85	0.19
<b>PPE 2</b>	0.37	6.84	86.64	4.39	1.11	0.65	0.00
<b>PPE 3</b>	2.77	22.77	60.89	8.71	3.76	1.09	0.00
<b>PPE 4</b>	0.78	4.75	66.15	22.93	4.75	0.64	0.00
<b>PPE 5</b>	1.69	17.48	58.69	8.34	6.75	3.97	3.08
<b>PPE 6</b>	0.40	4.87	54.25	34.77	3.43	1.99	0.30
<b>PPE 7</b>	1.72	20.16	62.01	9.32	4.26	2.53	0.00
<b>PPE 9</b>	1.73	23.05	67.05	4.13	2.59	1.44	0.00
<b>SFE 1</b>	5.88	2.79	24.25	16.82	25.08	19.61	5.57
<b>SFE 2</b>	3.21	5.82	38.52	14.04	17.55	15.75	5.12
<b>SFE 3</b>	2.41	7.15	35.84	17.18	21.26	12.26	3.90
<b>SFE 4</b>	2.66	6.15	38.44	11.65	17.80	15.96	7.34
<b>SFE 5</b>	2.42	6.27	54.66	14.34	13.80	5.11	3.41
<b>SFE 6</b>	1.70	3.96	52.21	10.08	13.76	11.97	6.31
<b>SFE 9</b>	7.86	17.72	30.68	19.38	18.38	5.20	0.78

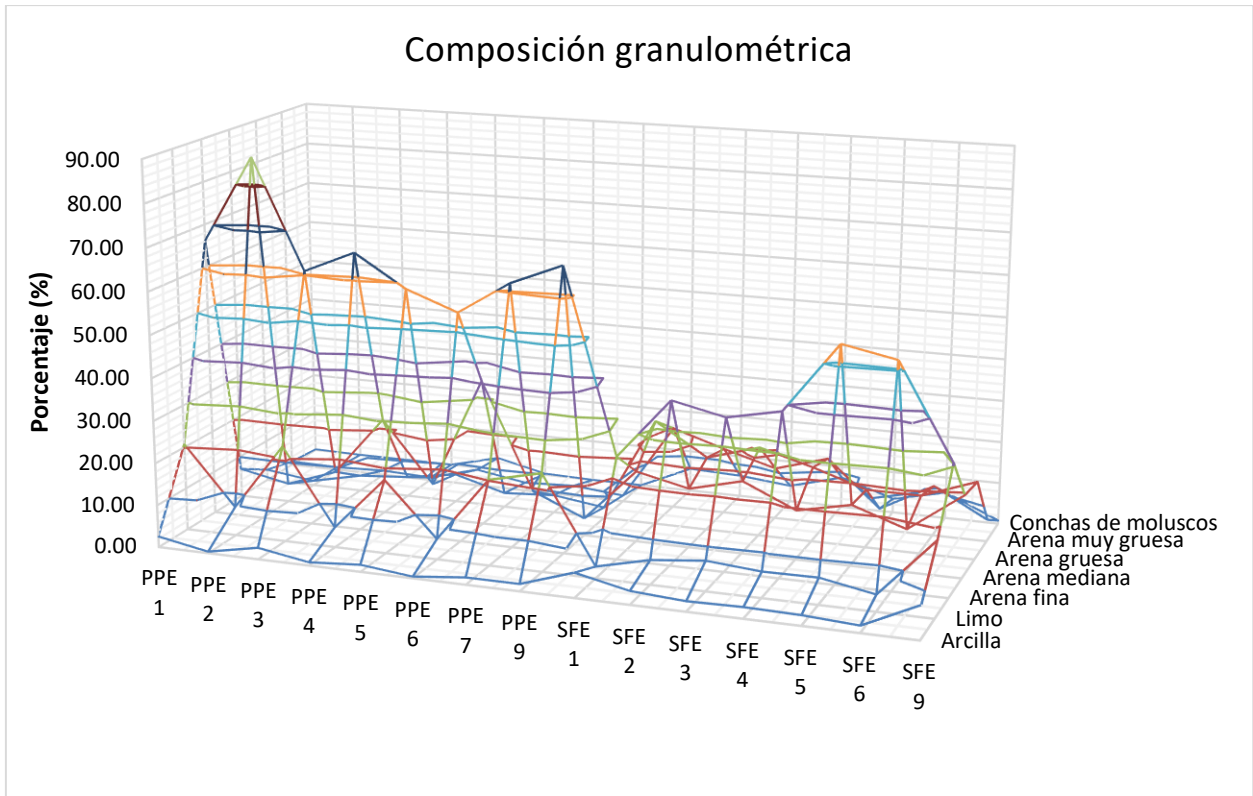


Figura 6.4. Gráfica de las proporciones de tipos de sedimento identificado en los sitios de estudio.

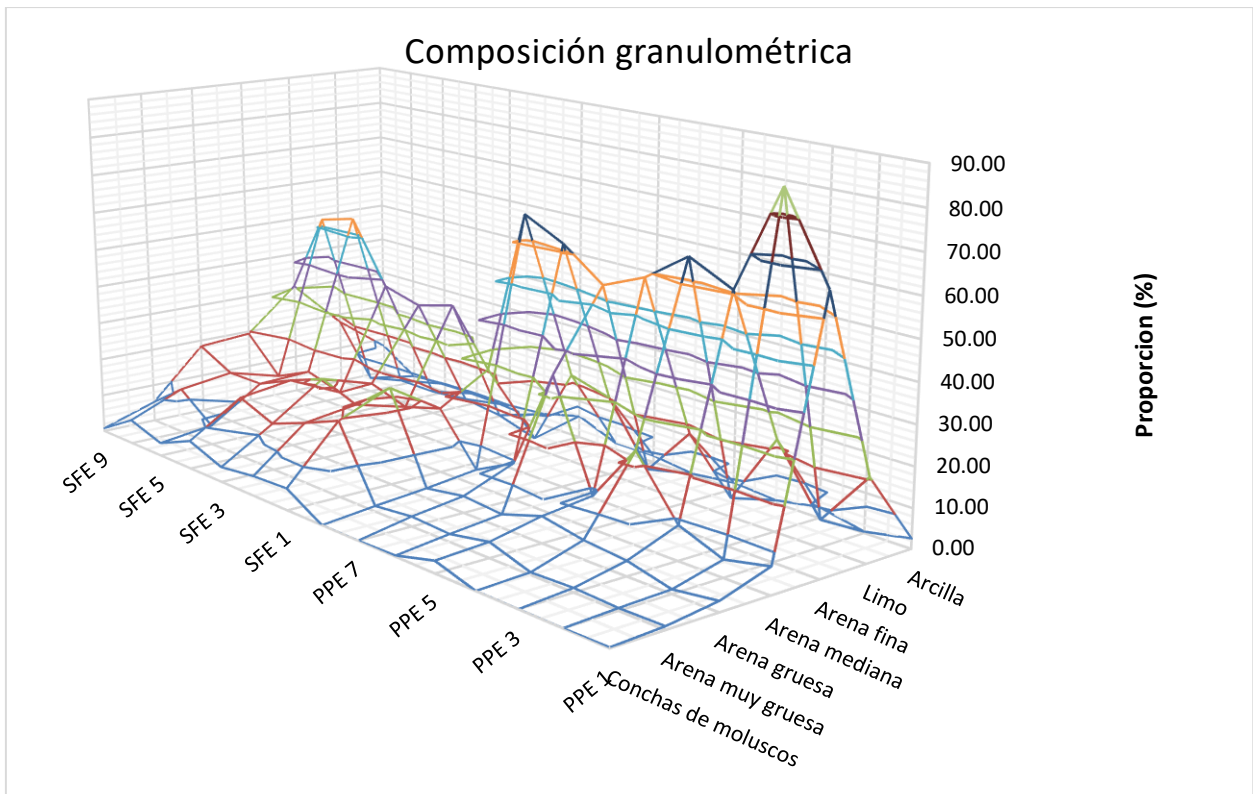
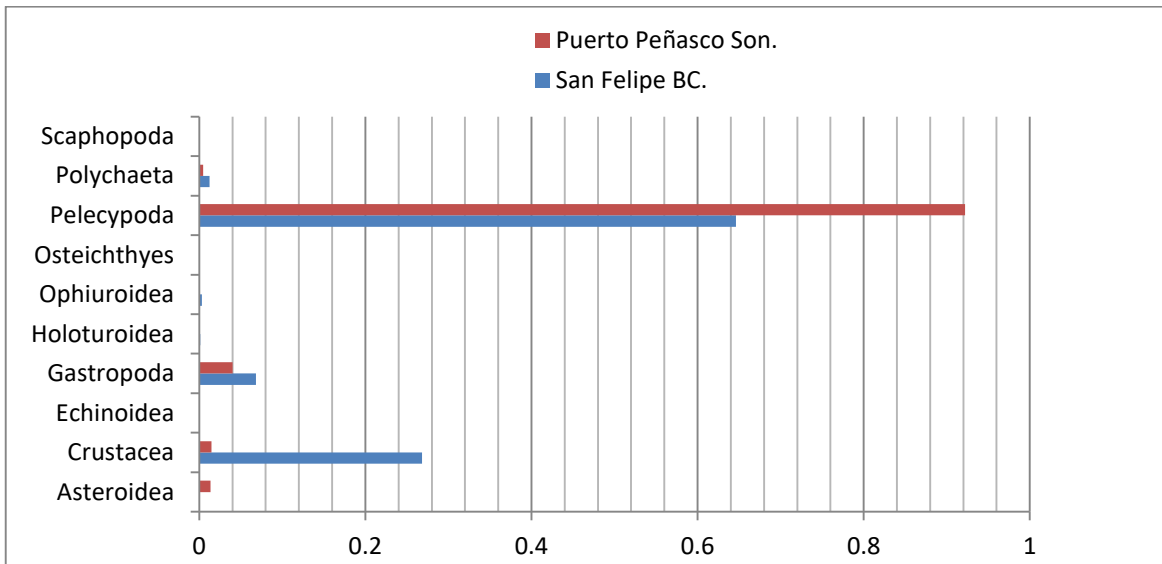


Figura 6.5. Vista anterior de la gráfica de las proporciones del tipo de sedimento de los sitios de estudio.

## 6.6. Análisis bioecológico de las comunidades existentes

El análisis de la composición biológica de los sitios de estudio se llevó a cabo haciendo la colecta e identificación de los organismos colectados con el sistema air lift con tamizado a bordo, en la figura 6.6 podemos observar los principales grupos observados y su proporción.



**6.6. Proporción de clases observadas en los análisis de invertebrados de los sitios de Baja California y Sonora.**

Es importante mencionar que se presentaron algunos casos de especímenes que no pudieron identificarse por daño físico o no se encontraron en las guías de identificación consultadas.

La biomasa promedio para los sitios de muestreo de Baja California fue de  $12.34 \text{ g/m}^2$  ( $\pm 10.57 \text{ g/m}^2$ ), mientras que la biomasa promedio para los sitios de Sonora fue de  $124.58 \text{ g/m}^2$  ( $\pm 151.23 \text{ g/m}^2$ ).

El análisis de conglomerados de variables de grupos taxonómicos de todos los sitios, realizado con software (Minitab 16), se puede observar en la figura 6.7.



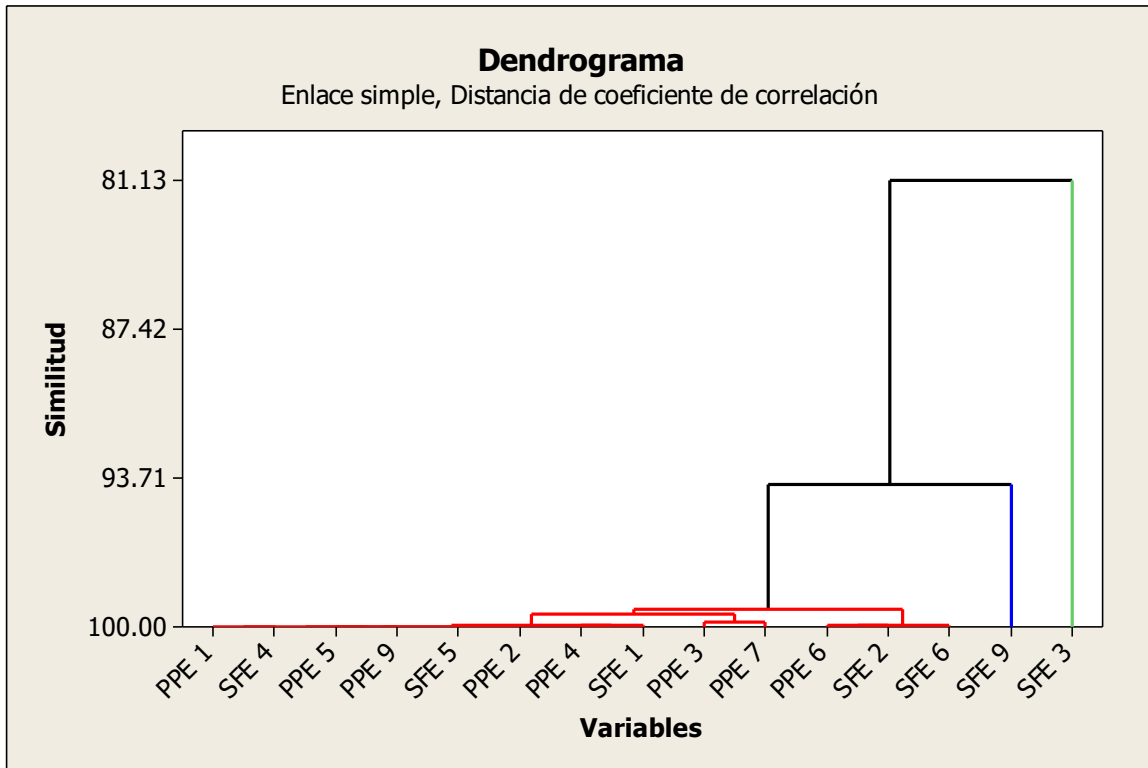


Figura 6.7. Análisis de similitud de las proporciones de los grupos de clases de los invertebrados (95%)

### 6.7. Reclutamiento de almeja

La especie de mayor abundancia numérica fue *Panopea globosa* en estadio de semilla, con un total de 28,176 semillas.

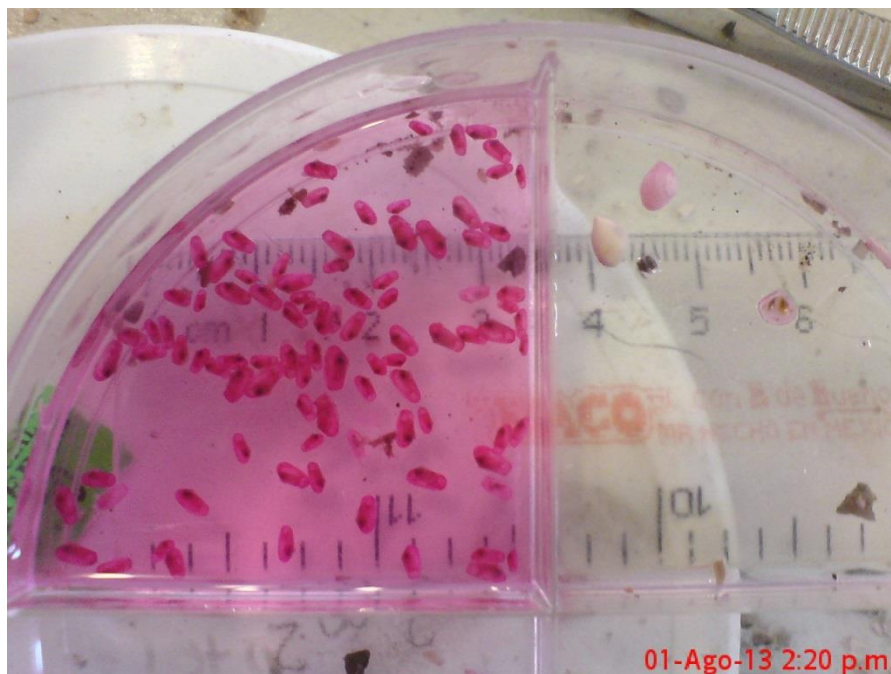


Figura 6.8. Imagen de las semillas de almeja de sifón obtenidas en muestras de San Felipe B. C.



Figura 6.9. Registros de semillas de almeja de sifón observados en el estudio.

### 6.8. Características observadas en los bancos de almeja en San Felipe BC.

En los muestreos realizados en los sitios de monitoreo de la costa de San Felipe en B.C. se observó una elevada turbidez con prácticamente cero visibilidad en el fondo, además se observaron características de sedimentos finos con fondos suaves. En todos los sitios de San Felipe se detectaron reclutas de almeja de sifón.

Los índices evaluados (Margalef, Shannon-Wiener y Simpson) presentaron valores menores en los sitios de San Felipe (Tabla 6).

### 6.8. Características de los bancos de almeja en Puerto Peñasco Sonora:

En los sitios de muestreo de Puerto Peñasco se observó una visibilidad de entre 2 a 3 m, con sedimentos con características de arenas finas principalmente, en solo tres sitios se observaron reclutas de almeja de sifón en densidades de solo una almeja por sitio.

Los índices evaluados (Margalef, Shannon-Wiener y Simpson) presentaron mayores valores en los sitios de Puerto Peñasco (Tabla 6.5).

## 6.9. Impacto del sistema de pesca en el ambiente bentónico

Para la evaluación del impacto del sistema de pesca (bomba de agua) en el sedimento y en la comunidad biológica se realizaron buceos en los sitios de pesca de Puerto Peñasco.

Se obtuvieron los datos de volúmenes promedio de sedimento removido, los volúmenes que ocupan las almejas dentro del sedimento (inicial) y el volumen de sedimento de la capa superficial de los 10 cm donde se encuentran los organismos intersticiales y bentónicos conocidos que se remueve por cada almeja capturada.

Tabla 6.4. Dimensiones de los orificios post captura en sedimento.

Sedimento removido	Promedio	Desviación estándar
Profundidad (cm)	49	4.14
Diámetro (cm)	17.81	1.77
Volumen (lt)	12.35	2.29
Tamaño de almeja		
Volumen (lt)	1.004	0.31
Área superficial de orificio (cm <sup>2</sup> ) después de extracción	249	

## 6.10. Cuantificación de la biodiversidad y características de sitios.

En la tabla 6.5 se muestran los resultados de la cuantificación de la biodiversidad de los sitios con los índices mencionados y las características físicas y biológicas de los sitios de estudio.

Tabla 6.5. Matriz de datos de características de sitios de estudio

Características	PPE 1	PPE 2	PPE 3	PPE 4	PPE 5	PPE 6	PPE 7	PPE 9	SFE 1	SFE 2	SFE 3	SFE 4	SFE 5	SFE 6	SFE 9
Biomasa total (gr/m <sup>2</sup> )	329.8	33.1	24.6	45.2	150.9	16.1	11.1	385.3	2.4	34.3	15.4	10.8	11.0	6.9	5.3
Número de especies, S=	41	45	33	40	33	32	31	39	29	14	22	27	16	28	14
Sumatoria de abundancia, N=	269	357	244	211	149	245	63	126	303	22262	336	473	5771	153	337

Indice de Diversidad de Margalef, Dmg=Riqueza	7.15	7.49	5.82	7.29	6.39	5.64	7.24	7.86	4.90	1.30	3.61	4.22	1.73	5.37	2.23
Indice de Diversidad de Shannon-Wiener, (H')=	3.08	2.99	2.79	2.99	2.37	2.24	3.12	3.15	2.16	0.01	1.93	1.86	0.06	2.30	1.57
Indice de Diversidad de Simpson, Ds=Heterogenidad	0.93	0.91	0.90	0.92	0.80	0.80	0.94	0.93	0.82	0.00	0.79	0.75	0.01	0.81	0.70
Profundidad (m)	17.80	16.00	15.50	15.00	15.00	14.5	8.9	12.2	13.1	14.1	14.5	13.0	13.6	14.4	16.8

En la figura 6.10 se observan los resultados del análisis de similitud de los sitios analizados y sus características.

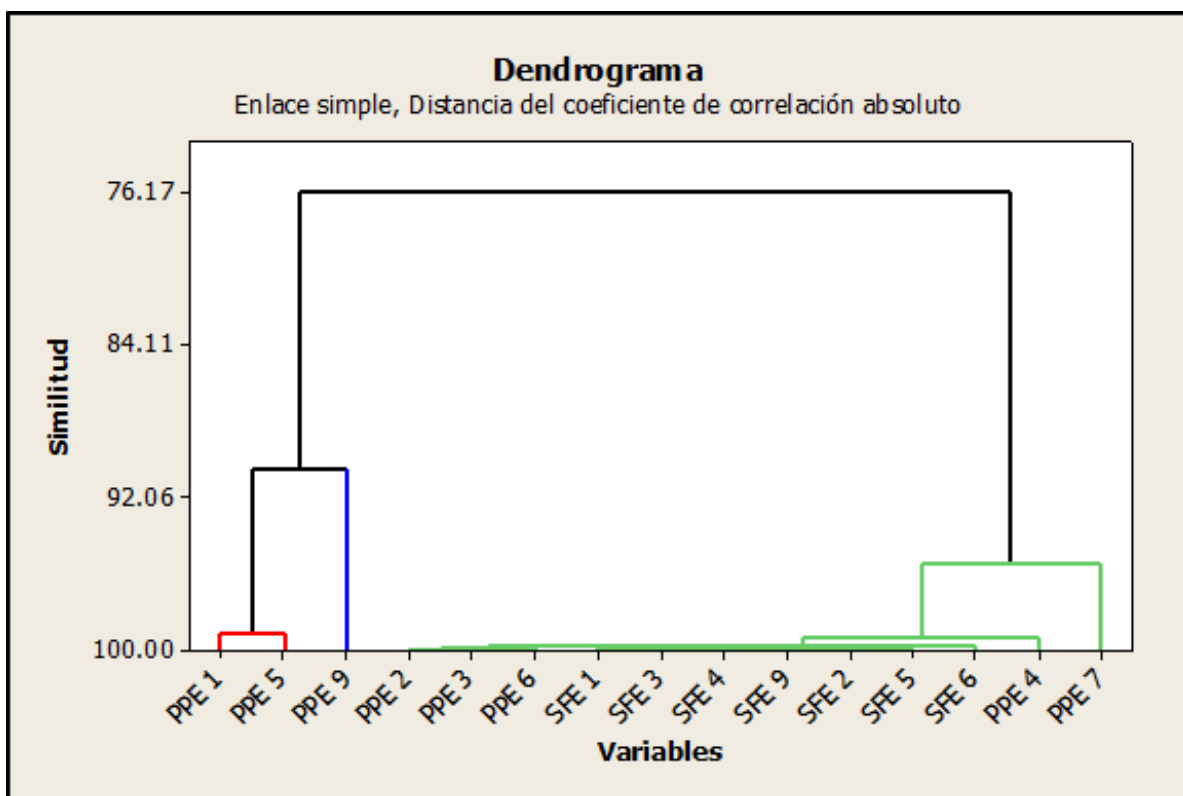


Figura 6.10. Grafica dendrograma de similitud de las características de los sitios de estudio.

## 7. ANÁLISIS O DISCUSIÓN

### 7.1. Diagnóstico de distribución espacial y temporal del esfuerzo pesquero.

El diagnóstico de la distribución espacial y temporal del esfuerzo pesquero fue el primer paso para lograr el entendimiento de la pesquería en la actualidad, en este sentido es importante reconocer que en el Golfo de California se hicieron los primeros descubrimientos de la presencia de bancos de esta almeja a fines de la década de los noventa y fue hasta el 2002 cuando inicio su explotación bajo el régimen de pesca de fomento para el acopio de información técnica y científica, fue hasta el 2004 que se inicia la pesca comercial en la costa de Baja California, mientras que en Sonora evoluciono a nivel comercial hasta 2012 por lo que aún se conoce poco y todavía no se puede definir tendencias en su captura (DOF, 2012).

Inicialmente se localizaron solo algunos bancos a lo largo de las costas de Baja California, Baja California Sur y Sonora para después extenderse a zonas más alejadas y profundas motivado por la alta demanda y altos precios (POPAGNM, 2014). Como se puede observar en la figura 6.1, y en la tabla 6.1, el número de permisionarios activos para la región de Puerto Peñasco es de 10 unidades administrativas mientras que para la región de San Felipe es de 26 unidades, comparativamente con otras pesquerías de la región podría parecer un esfuerzo pesquero bajo pero la captura por unidad de esfuerzo promedio de 512 kg/día/embarcación para San Felipe y de 262.8 kg/día/embarcación para Puerto Peñasco nos muestra el grado de importancia de esta pesquería.

Aunque las zonas de pesca de almeja se encuentra distribuida en forma de parches en zonas de fondos suaves a lo largo de la costa, la mayor parte de la pesca de almeja se lleva a cabo en las zonas desde Puerto Peñasco hasta Bahía San Jorge en Sonora, en las zonas desde la desembocadura del Rio Colorado hasta Puertecitos en la costa de San Felipe; así mismo se conoce que los bancos son muy variables en densidad y biomasa (PMPAGS, 2013), esto origina que las cuotas de captura definidas por la autoridad sean variables entre los bancos, observándose fuertes variaciones entre las capturas de los diferentes permisionarios (tabla 6.1).

En el norte del Golfo de California las operaciones de pesca de la almeja de sifón se realizan a lo largo de todo el año, principalmente en las mareas con poca corriente de los meses de invierno, observándose una disminución de la intensidad de pesca en los meses de verano, ya que los pescadores comentan que en invierno los orificios de los sifones son más evidentes que en los meses con aguas cálidas, así mismo en las zonas de pesca de San Felipe en verano se ha observado que existen corrientes que acarrear los sedimentos finos de la desembocadura del Rio Colorado y hacen prácticamente necesario trabajar a “tientas” a los buzos por la alta turbidez, esto se origina por que los vientos predominantes del sur y el efecto de coriolis producen un comportamiento de circulación ciclónico en el sentido contrario a las manecillas del reloj dentro del alto Golfo de California (Lavin y Marinone, 2003; PANGAS, 2013).

## 7.2. Beneficio económico

La alta demanda del recurso es debido a que es una especie muy apreciada en los mercados orientales. En las últimas décadas en el mercado internacional las capturas han venido aumentando, los principales productores en el continente Americano son Estados Unidos, Canadá y recientemente México. En Estados Unidos la captura a aumentado paulatinamente hasta alrededor de 2000 ton en 2008 con una disminución en 2010, mientras que en Canadá se ha mantenido alrededor de 1500 ton desde 2005, las capturas en México han tenido tendencias a la alza desde sus inicios en 2002, hasta sobrepasar las 2000 toneladas en 2014 (CONAPESCA, 2014), tan solo en la comunidad de San Felipe se capturaron en el periodo de estudio de un año 1,438 ton mientras que en Puerto Peñasco se capturaron 726 ton, esto nos da una idea de la importancia que ha tomado la captura de esta pesquería mexicana a nivel internacional.

El beneficio económico que genera la pesquería es elevado para los grupos de pescadores que se encuentran trabajando, con promedios de 33,012 pesos (2,358 USD) por día de pesca por embarcación para Puerto Peñasco y 28,672 (2,048 USD) por día de pesca por embarcación en San Felipe, desafortunadamente estos grupos son comparativamente pequeños respecto a otras pesquerías de la región y la derrama económica se observa polarizada hacia un sector privilegiado de la población pesquera. Al mismo tiempo se puede observar (tabla 6.2) que los registros de precios de almeja reportados en avisos de arribo son de únicamente 52 pesos/kg en promedio en Puerto Peñasco y de 19.7 pesos/kg en San Felipe, mientras que los mismos grupos de pescadores mencionan que los precios de mercado en

playa para los mismos periodos fluctuaron alrededor de 126 pesos/kg y 56 pesos/kg (9 y 4 USD/kg) respectivamente (Aragón-Noriega, et al., 2012; Cadena 2014).

Prácticamente toda la captura del Noroeste de México se traslada por transporte terrestre a Ensenada B.C. donde se acopia por los exportadores, ésta ciudad funciona como centro de acopio regional desde donde se envía el producto a cruce fronterizo en Tijuana, para después trasladarse a los aeropuertos de Los Ángeles y San Francisco California donde se embarcan en vuelos directos a los países de Asia. La exportación de la almeja hacia los mercados se realiza por medio de dos principales exportadores (considerándose un monopsonio) (Aragón-Noriega, et al., 2012), que realizan el traslado vía aérea principalmente hacia Hong Kong en China, Corea, Japón y otros lugares en Asia (CNP, 2012).

Esta almeja es altamente valorada en la cocina china, actualmente el precio que alcanza en los países asiáticos es superior a los 30 dólares estadounidenses por libra (65 dólares estadounidenses por kg) (POPAGNM, 2014).

### 6.3. Análisis bioecológico de las comunidades existentes.

Como primera parte del análisis bioecológico de las comunidades de los sitios de estudio se realizó el análisis de granulometría, en este se caracterizó el tipo de sedimento con base en las categorías de talla de grano (United States Agriculture Department), en este caso se logra identificar que los tipos de sedimento de los sitios de San Felipe y de Puerto Peñasco están compuestos en ambos casos por proporciones mayores de arenas finas, aunque se observa claramente que las proporciones se encuentran relativamente equilibradas para los sitios de San Felipe que cuentan con mayores proporciones tanto de sedimentos finos (limos y arcillas), como de arenas gruesas y conchas de moluscos (figura 6.4 y 6.5), esta característica de mayor proporción de sedimentos finos en San Felipe fue identificada en las inmersiones realizadas en la que se observó cero visibilidad en los fondos, aunado a la suavidad superficial de los fondos, esta condición de turbidez se considera que se origina por los sedimentos finos provenientes de la desembocadura del Rio Colorado, dado que en esta región norte del Golfo de California las corrientes, las mareas y los vientos le dan un sentido rotatorio a las capas superficiales del mar (0-10 m), en los meses de verano de junio a septiembre como se ha mencionado, los vientos predominantes del sur y el efecto de coriolis producen un comportamiento de circulación ciclónico en el sentido contrario a las manecillas del reloj, tornándose compleja en invierno de noviembre a abril por los vientos

predominantes del norte y noreste que hacen que la circulación general sea en sentido opuesto, es decir en sentido anticiclónico, en dirección a la circulación de las manecillas del reloj con ciertos patrones irregulares en las zonas cercanas a la costa e islas (Lavin y Marinone, 2003; Villicaña-Yépez, 2012).

Comparativamente los sedimentos de Puerto Peñasco mostraron mayores proporciones de arenas finas y bajas proporciones de sedimentos finos o conchas de moluscos, sitios que se consideran con mejores condiciones para el desarrollo de organismos bentónicos e intersticiales; siendo así que los Gobiernos de México, Estados Unidos y Canadá a través de la Comisión para la Cooperación Ambiental realizaron una eco regionalización marina en la que ubican a Puerto Peñasco en la Plataforma Geomorfológica de Cortez, dentro de la Zona Nerítica Exterior del Alto Golfo, y entre los principales atributos naturales presentes en este ecosistema destacan su alta productividad y su gran diversidad biológica, así como su variedad y belleza paisajística (SEMARNAT, 2006), esto es resultado de la combinación de su topografía, latitud meridional, sistema de surgencias inducidas por el viento, mezcla de mareas y la circulación termohalina (INE, 2010).

Como segunda parte del análisis de composición biológica de los sitios de estudio se realizó la colecta e identificación de los organismos colectados con el sistema air lift con tamizado a bordo, este análisis nos permitió evaluar la biomasa total de los sitios, se observó que la biomasa en Puerto Peñasco de  $124.58 \text{ g/m}^2 (\pm 151.23 \text{ g/m}^2)$  se encuentra muy por arriba de lo observado en San Felipe de  $12.34 \text{ g/m}^2 (\pm 10.57 \text{ g/m}^2)$ , esto refleja el resultado de la interacción de los factores mencionados.

La composición de los grupos de clases encontrados en los sitios de San Felipe y Puerto Peñasco muestran (figura 6.6) como grupo dominantes la clase Pelecypoda (moluscos bivalvos) para ambos sitios; el grupo de los Crustáceos (camarones y cangrejos) como segundo grupo de importancia para SFE y Gastropoda (caracoles) como segundo grupo dominante en Puerto Peñasco. Con la aplicación del análisis de conglomerados de variables de grupos taxonómicos de todos los sitios con software (Minitab 16), podemos observar que en cuanto a composición taxonómica los sitios presentan una elevada similitud a excepción de los sitios SFE 3 y SFE 9 (figura 6.7).



La especie de mayor abundancia numérica fue *Panopea globosa* en estadio de semilla, con un total de 28,176 semillas, obtenidas principalmente en los sitios SFE 5 y SFE 8, este se considera un dato relevante puesto que en esta pesquería todavía no se han realizado análisis de dispersión larvaria acoplados con análisis de genética de poblaciones, que permitan identificar zonas dispersoras de reclutas o zonas tipo sumidero de semillas (Soria, 2010; Marinone, et al., 2008), estos sitios podrían significar lugares de importancia de manejo para repoblamiento o refugio temporal en la rotación de bancos de aprovechamiento.

Es importante reconocer que el Alto Golfo es esencialmente un ambiente templado durante el invierno pero un ambiente marino subtropical en el verano, esto genera cambios estacionales respecto a la presencia de invertebrados, algas y algunos vertebrados ya que las especies tropicales desaparecen o migran durante el invierno y las especies de origen templado desaparecen o migran durante el verano (Hendrickx, Brusca & Findley, 2005); inclusive se conoce que existen colapsos masivos de algas macroscópicas y fauna estenoterma y subtropical en los días de frío extremo en invierno, durante estos periodos la productividad primaria se reduce drásticamente y la abundancia de especies cae, dominando en el hábitat las formas euritermales. (Brusca *et al.*, 1980), se puede considerar a la zona de interés como un ambiente más físicamente controlado. Es por esto que la composición de especies de estos sitios en el Alto Golfo podría comprender un conjunto razonablemente predecible de organismos, combinado con una mucho mayor serie de especies “impredecibles” (Hendrickx, Brusca & Findley 2005), ocasionada por las redes complejas de interacción de factores físicos y biológicos que se han venido describiendo.

La zona submareal forma un sistema que mantiene un constante intercambio de materia y energía entre las zonas marinas. En esta zona existe una gran productividad de fitoplancton que alimenta a la gran cantidad de organismos bentónicos, situación que se considera clave en las condiciones de mayor diversidad reflejada en los índices de biodiversidad de todos los sitios de Puerto Peñasco (Tabla 6.5). La productividad de la zona submareal fótica le da un papel muy importante en la cadena alimenticia y un gran beneficio a los demás ecosistemas marinos (Felger and Broyles 2006).

El hecho de no haber encontrado volúmenes de reclutas de almeja de sifón en los sitios de Puerto Peñasco como se observó en los sitios de San Felipe origina un grado de incertidumbre en cuanto a la recuperación de los bancos de la costa de Sonora ante el

aprovechamiento a que están sujetos, aunado a esto algunos estudios que se han realizado sobre la estructura de tallas de la almeja, sugieren que las poblaciones de las costas de Sonora Norte podrían considerarse vulnerables ya que son bancos de reciente formación con individuos de máxima edad de 34 años (Pérez-Valencia y Aragón-Noriega 2013), es así que en algunos sitios se empiezan a mostrar signos de sobreexplotación (Pérez-Valencia, 2009).

Por otro lado se conoce que las semillas de almeja en etapas iniciales sufren alto riesgo de depredación (Goodwin, 1976 en POPAGNM, 2014), estas se alimentan de depósitos superficiales para que después de su metamorfosis alimentarse por filtración de plancton y material orgánico particulado y disuelto, en su dieta predominan los dinoflagelados y diatomeas (Goodwin y Pease, 1989; Orenzans *et al.*, 2000; en POPAGNM, 2014), y al cumplir un año de vida, decrece la mortalidad considerablemente (Sloan y Robinson, 1984 en POPAGNM, 2014), se conoce como sus depredadores a algunas estrellas de mar, caracoles, cangrejos, jaibas, lobos marinos y algunos peces (POPAGNM, 2014), estos factores aunados a la mayor diversidad y biomasa de invertebrados observada en los sitios de Puerto Peñasco pudieran estar limitando la recuperación de los bancos.

Aunque algunos de estos sitios se identificaron como sitios de alta biodiversidad es claro que no se observaron especies en algún estatus de protección de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo.

#### 6.4. Impacto del sistema de pesca en el ambiente bentónico.

Para la evaluación del impacto de la pistola de agua a presión que utilizan para extracción de la almeja los buzos comerciales se obtuvieron los datos de volúmenes promedio de sedimento removido de  $12.35 \text{ lt} \pm 2.29$ , los volúmenes que ocupan las almejas dentro del sedimento (inicial)  $1.004 \text{ lt} \pm 0.31$ , la estimación del área superficial del fondo de cada ocasión que se capture almeja de  $249 \text{ cm}^2$  y la estimación del volumen de sedimento de la capa superficial de los 10 cm donde se encuentran los organismos intersticiales y bentónicos conocidos que se remueve por cada almeja capturada de 2.49 lt. En este sentido podemos decir que la estimación de biomasa removida por cada extracción de almeja corresponde a solo 2.49% de la biomasa total identificada en los análisis bioecológico para los sitios de

muestreo de Baja California que fue de 12.34 g/m<sup>2</sup> ( $\pm$  10.57 g/m<sup>2</sup>), mientras que la biomasa promedio para los sitios de sonora fue de 124.58 g/m<sup>2</sup> ( $\pm$  151.23 g/m<sup>2</sup>).

En este sentido podemos considerar que el impacto del sistema de pesca es prácticamente insignificante en la biomasa de invertebrados bentónicos, siendo esto coincidente con (Trennor y Danner, 2008) que consideran que los impactos en el corto plazo son probables, pero en el largo plazo los impactos serian insignificantes para el hábitat bentónico y el medio ambiente comparado con los beneficios económicos que se generan.

## 6.5. Diseño de estrategias para el manejo sustentable de la pesquería de almeja de sifón (*Panopea sp.*) en la región del Alto Golfo de California.

El entendimiento de los componentes de las pesquerías son esenciales para el manejo sustentable (DOF, 2007), en las pesquerías ribereñas en el mundo existe una amplia variedad de estrategias que han sido implementadas para su manejo, cada región y tipo de pesquería son especie específicas y cuenta con características propias que deben abordarse. En el caso de la pesquería de almeja hemos logrado identificar oportunidades de mejora en el ámbito de manejo biológico y administrativo.

Se conoce que en estas almejas ambos sexos maduran en sincronía cuando disminuye la temperatura en el mes de octubre y los desoves se llevan a cabo en el medio (fecundación externa), las larvas inician su vida como larva trocófora que en menos de 24 horas se convierte en larva véliger con una duración de dos a 16 días, estas se dispersan por las corrientes, para después convertirse en postlarvas que se asientan en la superficie del sedimento por algunas semanas (Orenzans *et al.*, 2000 en POPAGNM, 2014), todo este proceso larvario dura de 40 a 50 días aproximadamente y coincide con la época de mayor productividad en el año (Calderón-Aguilera *et al.*, 2010), con base en este conocimiento y la observación de la presencia de un pulso importante de reclutamiento en verano podemos sugerir la protección del periodo de diciembre a marzo de cada año como estrategia para proteger el periodo reproductivo de los stocks.

En este mismo sentido y para mitigar el impacto de la pesca se recomienda el monitoreo de sitios clave para la colecta de semilla de almeja para repoblamiento con el Sistema air lift de sitios como SFE 2 y SFE 5.

Al mismo tiempo sería estratégica la realización de análisis de dispersión larvaria con modelos basados en estudios de conectividad poblacional, y oceanográficos (Soria, 2010; Marinone et al., 2008), para identificación de zonas de agregación y crianza, con esto se podrían implementar zonas de manejo con enfoque ecosistémico para aumentar la capacidad de producción y lograr la sustentabilidad de la pesquería.

Así mismo es recomendable la implementación de sistemas para repoblamiento y maricultura a partir de la colecta y el desove en laboratorio de individuos maduros de la pesca comercial.

En términos administrativos se considera adecuado publicar una NORMA Oficial Mexicana para almeja de sifón con especificaciones de veda recomendada y tallas mínimas de captura, como se recomienda en su propio Plan de Manejo de la pesquería en la costa de B.C. (DOF, 2012).

Es de importancia la verificación de la veracidad en el uso de bitácoras con registro de la utilización de la cuota por pescador.

Es recomendable incluir en los lineamientos y estrategias de manejo de la pesquería los criterios del manejo ecosistémico y planeación marina espacial; así como buscar mejoras en la responsabilidad social de los contratantes de buzos pescadores.

En términos de administración pesquera la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables, el Plan de Manejo para la Pesquería de Almeja Generosa (*Panopea spp.*) en las costas de Baja California, México (DOF 23/03/2012), el Plan de Manejo para la Pesquería de Almeja Generosa (*Panopea globosa*) en las costas de Sonora, México (DOF 11/01/2014), el Programa de Ordenamiento de la Pesquería de Almeja Generosa en la Región Noroeste de México, además de la Carta Nacional Pesquera (DOF 24/08/2012) que contiene una ficha específica de almeja de sifón, refieren la necesidad de una instancia de participación y cooperación (Co-manejo), en este sentido es recomendable la formación de un Comité Consultivo con principios de responsabilidad compartida para la pesquería de la almeja, como se ha venido desarrollando en la región Noroeste de México.

## **8. CONCLUSIONES.**

Se puede concluir que la pesquería de almeja de sifón es una actividad productiva que podría generar fuertes divisas a largo plazo si es manejada sustentablemente.

Esta pesquería es suficientemente rentable que podría cubrir un impuesto arancelario en las exportaciones.

Los productores podrían cubrir los gastos de capacitaciones y certificaciones en seguridad en buceo.

El impacto del sistema de pesca de la almeja es prácticamente insignificante en la biomasa de comunidades bentónicas.

El cumplimiento de la normatividad es el reto principal de la pesquería.

## **9. RECOMENDACIONES.**

Se considera pertinente recomendar la implementación de los programas de investigación, inspección y vigilancia, y de capacitación derivados de los Planes de Manejo, así como su revisión y actualización.

Se recomienda condicionar la entrega de permisos a patrones y buzos con certificación acerca de los riesgos en salud ocupacional según la NOM-014-STPS-2000 “*Exposición laboral a presiones ambientales anormales-Condicionales de seguridad e higiene*”.

Es recomendable el fomento en la capacitación a los usuarios sobre apoyos y programas gubernamentales, pesca responsable, normatividad pesquera, registro-bitacoréo pesquero y desarrollo sustentable.

Se recomienda la instalación de un comité consultivo para la pesquería (autoridades, usuarios, academia y OSC).

## 10. REFERENCIAS.

- AENOR, 2006. Asociación Española de Normalización y Certificación. Granulometría. Laboratorio Oficial para Ensayo de Materiales de Construcción. [pdf] Available at: <[http://www.aridos.org/tiny\\_mce/jscripts/tiny\\_mce/plugins/filemanager/archivos/Prontuario\\_Granulometria.pdf](http://www.aridos.org/tiny_mce/jscripts/tiny_mce/plugins/filemanager/archivos/Prontuario_Granulometria.pdf)> [Accesed 5 de octubre 2013].
- Ainsworth, C., Morzaria, H., Kaplan, I., Levin, P., Fulton, E., Cudney, R., Turk, P., Torre, J., Danemann, G., Pfister, T., 2012. Effective ecosystem-based management must encourage regulatory compliance: A Gulf of California case study. *Marine Policy*, Volumen 36, pp. 1275-1283
- Alcalá, G., 2003. Políticas Pesqueras en Mexico (1946-2000). Contradicciones y aciertos en la planificación de la pesca nacional. Mexico D.F. El Colegio de Mexico, Centro de Investigaciones Científicas de Ensenada, El Colegio de Michoacan.
- Aragón-Noriega, E., Alcantar-Razo E., Calderon-Aguilera L., Sanchez-Fourcade, R., 2012. Status of geoduck clam fisheries in Mexico. *Journal of Shellfish Research*, Vol 31, No. 3, 733-738, 2012.
- Azovzky, A., 2009. Structural complexity of species assemblages and spatial scale of community organization: A case study of marine benthos. *Ecological complexity*. [e-journal] Available at: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1476945X08000846>> [Accessed 20 de octubre 2013]
- Beukema, J., 2002. Expected changes in the benthic fauna of Wadden Sea tidal flats as a result of sea-level rise or bottom subsidence. *Journal of Sea Research* 47 (2002) 25–39. [e-journal] Available at: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385110101000958>> [Accessed 4 noviembre 2013]
- Brickey, S., Kurland, S., Miller, M., Monkman, T., and Roemeling, E., 2012. Comprehensive Management of Wild Commercial Harvest and Mariculture of Geoduck Clams (*Panopea generosa*) in Southeast Alaska. [online] Available at: <[seagrant.uaf.edu/nosb/papers/.../juneau-magic.pdf](http://seagrant.uaf.edu/nosb/papers/.../juneau-magic.pdf)> [Accessed 12 noviembre 2013].
- Brunetti A., Moraleda A., Arencibia G., Chova M., Rocha P., Indices de Biodiversidad. Pomares S., 2014. [online] Available at: <<http://cienciaybiologia.com/biodiversidad/>> [Accessed 20 diciembre 2014].
- Brusca, R.C., 1980. Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California. Second edition. The University of Arizona Press. Tucson Arizona. Pp 513.
- Cadena 2014. Discusión sobre mercados de productos marinos. [Conversación], (Comunicación personal, 10 de septiembre 2014)
- Cadena, L., 2013. Discusión sobre precios y mercado de productos marinos. [Conversación], (Comunicación personal, 12 de septiembre 2014).
- Calderon-Aguilera L., Aragón-Noriega, E., Reyes-Bonilla, H., Paniagua-Chavez, C., Romo-Curiel, A., and Moreno-Rivera, V., 2010. Reproduction of the Cortes Geoduck *Panopea globosa* (Bivalvia: Hiatellidae) and Its Relationship with Temperature and Ocean Productivity. *Journal of Shellfish Research*, 29(1):135-141. 2010. [e-journal] available at: <URL: <http://www.bioone.org/doi/full/10.2983/035.029.0107>>. [Accessed october 14, 2013].

- Chávez, E., y Castro, J., 2008. Impacto del cambio climático sobre las pesquerías de la zona de transición templado-cálida del Pacífico oriental mexicano. Pp. 71-84. In: Lopez, J., 2008. Variabilidad Ambiental y Pesquerías de México (Ed), Comisión Nacional de Pesca y Acuacultura.
- CNP, 2012. Carta Nacional Pesquera. Secretario de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Diario Oficial 24/08/2012
- CONAPESCA, 2014. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. SAGARPA. Avisos de arribo de las embarcaciones menores.
- Cudney, R. & Boyer, P., 1998. Pescando entre mareas del Alto Golfo de California. 1 ed. Puerto Penasco Sonora: Centro Intercultural de Estudios de Desiertos y Océanos AC. Pp. 175.
- Deere, C., 1999. Eco-labelling and Sustainable Fisheries, IUCN: Washington, D.C. and FAO: Rome. ISBN: 28317-0507-X.
- DOF, 2007. Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentable. México: Diario Oficial de la Federación 24 de julio 2007. SAGARPA, 2007.
- DOF, 2012. Acuerdo por el que se da a conocer el Plan de Manejo para la Pesquería de Almeja Generosa (*Panopea globosa*) en las costas de Sonora, México. Diario Oficial de la Federación 7 de noviembre de 2012. [on line] Available at: <[dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5276865&fecha=07/11/2012](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5276865&fecha=07/11/2012)> [Accessed 14 de noviembre de 2013].
- DOF, 2012. Acuerdo por el que se da a conocer el plan de manejo para la pesquería de almeja generosa (*Panopea Spp.*) en las costas de Baja California, México. Diario Oficial de la Federación. Secretario de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 23 de marzo de 2012.
- DRAE, 2001. Diccionario de la lengua española. 22.<sup>a</sup> edición, publicada en 2001. [on line]. Available at: <<http://lema.rae.es/drae/?val=caracterizacion>>. [Accessed 19 de octubre 2013].
- Espinoza-Tenorio, A., Wolff, M., Taylor, M., Espejel, I., 2011. What model suits ecosystem-based fisheries management? A plea for a structured modeling process. Rev. Fish Biol Fisheries.
- Evans, Cherrett y Pems, 2011. Assessing the impact of fisheries co-management interventions in developing countries: A meta-analysis. Journal of Environmental Management. . [e-journal] Available at: <[http://www.worldfishcenter.org/resource\\_centre/media/pdfs/Evans\\_et\\_al\\_\(2010\).pdf](http://www.worldfishcenter.org/resource_centre/media/pdfs/Evans_et_al_(2010).pdf)> [Accessed 10 diciembre 2013].
- FAO, 2013. Food and Agriculture Organization of the United Nations. [Online]. Available at: <<http://www.fao.org/fishery/statistics/en>> [Accessed 12 diciembre 2013].
- Felger, R. y B. Broyles 2006. Dry Borders, great natural reserves of the Sonoran desert. Univ. of Utah Press.
- Fisheries and Oceans Canada, 2002. Integrated Fisheries Management Plan, Geoduck & Horse Clam, January 1 to December 31, 2002. Fisheries and Oceans Canada, 2002. Pp. 42.
- Gomes, S. y Morales, F., 2012. Meiofauna de mar profundo del golfo de California: algunos aspectos acerca de la distribución y abundancia de Copepoda. Available at: <[www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/690/meiofauna.pdf](http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/690/meiofauna.pdf)> [Accessed 4 de noviembre 2013]
- Gonzales, S., 2013. Almeja generosa de Bahía Magdalena: dinámica poblacional y consideraciones para el manejo. Tesis doctoral. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste CIBNOR.



- Goodwin, C., and Pease, B., 1987. The distribution of geoduck (*Panopea abrupta*) size, density and quality in relation to habitat characteristics such as geographic area, water depth, sediment type and associated flora and fauna in Puget Sound, Washington. State of Washington. Department of Fisheries. Technical Report. 102. 44p
- Hendrickx, M., 2012. Operaciones oceanográficas en aguas profundas: los retos del pasado, del presente y del proyecto TALUD en el Pacífico mexicano (1989-2009). Pp. 23-104. En: P. Zamorano, M.E. Hendrickx y M. Caso (eds.). Biodiversidad y comunidades del talud continental del Pacífico mexicano. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). Available at: <[www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/690/operaciones.pdf](http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/690/operaciones.pdf)> [Accessed 4 de noviembre 2013]
- Hendrickx, M., R. Brusca & L. Findley. 2005. Listado y Distribución de la Macrofauna del Golfo de California, México. Parte 1. Invertebrados [A Distributional Checklist of the Macrofauna of the Gulf of California, México. Part 1. Invertebrates]. Arizona-Sonora Desert Museum Press, Tucson.
- INE, 2010. Instituto Nacional de Ecología. Ecorregiones marinas de América del Norte. Comisión para la Cooperación Ambiental. ecosistemas marinas. Sección Ecorregiones del Golfo de California.
- Lavin M. F. y Marinone S.G. 2003. An Overview of the physical oceanography of the Gulf of California. O.U. Velasco Fuentes et al. (eds.), Nonlinear Processes in Geophysical Fluid Dynamics, 173-204. 2003 Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
- Levin, L., Boesch, D., Covich, A., Dahm, C., Erseus, C., Ewel, K., Kneib, R., Moldenke, A., Palmer, M., Snelgrove, P., Strayer, D., and Weslawski, J., 2001. The function of marine Critical Transition Zones and the Importance of Sediment Biodiversity. Ecosystems. Available at: <<http://sfrc.ufl.edu/facultysites/ewel/pubs/Ecosystem-Services/Levin%20et%20al%202001.pdf>>. [Accessed 19 de octubre 2013].
- Lluch, S., Morales, M., Lluch, D., 2008. Variabilidad del clima y pesquerías del noroeste mexicano. Pp. 85-89. In: Lopez, J., 2008. Variabilidad Ambiental y Pesquerías de México (Ed), Comisión Nacional de Pesca y Acuicultura.
- Loaiza, R., 2013. Reducción y Prevención de riesgos ocupacionales en la pesca artesanal por buceo de la SCPAP Islas de Sonora SCL. Tesina para obtener el grado de Especialidad en Desarrollo Sustentable. Universidad de Sonora.
- Lopez, J., (Ed), 2008. Variabilidad Ambiental y Pesquerías de México. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca, México, 216 p.
- López, J., Hernández, S., Rábago, C., Herrera, E., Morales, R., 2012. Efectos ecológicos de la pesca de arrastre de camarón en el Golfo de California. Estado del arte del desarrollo tecnológico de las artes de pesca. En: La Situación del Sector Pesquero en México. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. Available at: <[www.cedrssa.gob.mx/includes/asp/download.asp?iddocumento=1451](http://www.cedrssa.gob.mx/includes/asp/download.asp?iddocumento=1451)> [Accessed 4 de noviembre 2013]
- Mackey, A. P., 1972. An Air lift for sampling freshwater benthos. [e-journal]. Oikos 23: 413-415, Copenhagen 1972. Abstract only. Available at <<http://www.jstor.org/discover/10.2307/3543183?uid=3738664&uid=2129&uid=2&uid=70&uid=4&sid=21103327489991>>. [Accessed 30 de enero 214].

- Marinone, S., Ulloa, M., Parés-Sierra, A., Lavín, M., and Cudney-Bueno, R., 2008. Connectivity in the northern Gulf of California from particle tracking in a three-dimensional numerical model. *Journal of Marine Systems* 71 (2008) 149–158. [e-journal] Available at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com). [Accessed 10 de julio 2014].
- Mermillod-Blondin, F., 2011. The functional significance of bioturbation and biodeposition on biogeochemical processes at the water-sediment interface in freshwater and marine ecosystems. *Journal of the North American Benthological Society*. [e-journal]. 30(3):770-778. 2011 Abstract only. Available at <<http://www.bioone.org/doi/abs/10.1899/10-121.1>> [Accessed 31 de enero 2014].
- Morzaria, H., Castillo, A., Daneman, G., y Turk, P., 2013. Conservation strategies for coastal wetlands in the Gulf of California, Mexico. *Wetland ecology and Management*. Volumen 21, Issue 25, October 2013. Pp 2-24.
- Muniz, P., Lana, P., Venturini, N., Elias, R., Vallarino, E., Bremec, C., Martins, C., Sandrini, L., 2010. Un manual de protocolos para evaluar la contaminación marina por efluentes domésticos. Available at: <[http://www.academia.edu/4730226/Un\\_manual\\_de\\_protocolos\\_para\\_evaluar\\_la\\_contaminacion\\_marina\\_por\\_efluentes\\_domesticos](http://www.academia.edu/4730226/Un_manual_de_protocolos_para_evaluar_la_contaminacion_marina_por_efluentes_domesticos)>. [Accessed 19 de octubre 2013]
- Ostrom, E., 2009. A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. *Sciencemag*. [e-journal] Available at: <[www.sciencemag.org](http://www.sciencemag.org)> [Accessed September 8, 2013].
- PANGAS 2013. Caracol chino. *Hexaplex nigritus*. Ficha Informativa de la Pesca Ribereña del Norte del Golfo de California. Centro Intercultural de Estudios de Desiertos y Océanos, A.C., Puerto Peñasco, Sonora. 4 pp.
- Pérez-Valencia, 2009. Prospección, evaluación y seguimiento del recurso almeja de sifón *Panopea* spp. en la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biósfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado; Costa de Baja California-II. Reporte Interno 0309-01, Investigación para la Conservación y el Desarrollo, A.C. La Paz, B.C.S., México. 17p.
- Pérez-Valencia, S., and Aragón-Noriega, E., 2013. Age and growth of the Cortes Geoduck *Panopea globosa* (Dall, 1898) in the Upper Gulf of California. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences* Vol. 42(2), April 2013, pp. 201-205.
- Pinto-Pereira, C., Amaro, L., Vasconcelos, M., and Echeverría, C., 2013. Recovery Process on Soft-Bottom Macro-benthic Communities after Artificial Disturbance in Tropical Polluted Estuary (Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil). *Open Journal of Marine Science*. [on line] Available at: <<http://www.scirp.org/journal/PaperDownload.aspx>> [Accessed 15 noviembre 2013].
- PMPAGS, 2013. Plan de Manejo para la Pesquería de Almeja Generosa (*Panopea globosa*) en las costas de Sonora, México DOF 11/01/2014
- POPAGNM, 2014. Programa de Ordenamiento de la pesquería de Almeja generosa en la region Noroeste de Mexico. Secretaria de Agricultura, Ganaderia, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentacion, Instituto Nacional de Pesca, Comision Nacional de Pesca y Acuicultura. Pp. 111.
- Ramírez-Félix, E., Márquez-Farías, F., Masso-Rojas, J., Vázquez-Solórzano, E., Castillo-Vargasmachuca, S., 2012. La pesca de almeja *Panopea* spp. En el noroeste de México. *Revista Ciencia Pesquera* (2012) 20(2): 57-66. [on line] Avilable at <<http://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/REVISTA/Nov12/La%20pesca%20de%20>

- almeja%20Panopea%20spp.%20en%20el%20noroeste%20de%20Mexico.pdf> [Accessed 13 de noviembre de 2013].
- Riera R., T. F. (2013). Influencia de la conuinacion de vertidos de aguas residuales y salmuera sobre la meiofauna. Ensenada BC. Mexico: Ciencias Marinas 39(1):15-27. [on line] Available at: <<http://www.scielo.org.mx/pdf/ciemar/v39n1/v39n1a2.pdf>>. [Accessed 19 de octubre 2013].
- Rodriguez Quiroz, G., Aragon Noriega, A., Valenzuela Quinones, W. & Esparsa Leal, H., 2010. Artisanal Fisheries in the conservation zones of the Upper Gulf of California. s.l.:Revista de Biología Marina y Oceanografía 45(1):pp 89-98.
- Rosenberg, R., Blomqvist, M., Nilsson, H., Cederwall, H., and Dimming, A., (2004). Marine quality assesment by use of benthic species-abundance distribution: a proposed new protocol withing the European Union Water Framework Directive. Fiskebackskil Sweden: Marine Pollution Bulletin. [on line] Available at: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15530516>>. [Accessed 19 de octubre 2013].
- Rostrom, D. M. (2001). Sampling Marine benthos using suction samplers. Procedural guideline no. 3.10. En Marine Monitoring Handbook. U. K.: UK SACs Project. [on line] Available at: <[http://www.infomar.ie/documents/Ground\\_Truthing\\_and\\_Sampling\\_Strategy.pdf](http://www.infomar.ie/documents/Ground_Truthing_and_Sampling_Strategy.pdf)>. [Accessed 18 de octubre 2013].
- Russell, B., 2006. Research Methods in Antropology. Qualitative and quantitative approaches. Fourth edition, Altamira Press. [on line] Available at <<http://www.antropocaos.com.ar/Russel-Research-Method-in-Anthropology.pdf>> [Accessed 15 de julio 2014].
- SAGARPA, 2006. Sustentabilidad y Pesca Responsable en México. Evaluación y Manejo. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Alimentación (SAGARPA).
- SAGARPA, 2012. Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario y pesquero. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Alimentación (SAGARPA).
- SEMARNAT, 2006. Programa Ecologico Marino del Golfo de California, Diario Oficial de la Federacion 15 de diciembre 2006 [on line] Available at <[http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/ordenamientoecologico/Documents/documentos%20decretados/decretos\\_201](http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/ordenamientoecologico/Documents/documentos%20decretados/decretos_201)> [accessed 20 de julio de 2013].
- Soria, G., 2010. Connectivity of marine bivalve species in the northern Gulf of California: Implications for fisheries management and conservation. PhD Dissertation School of Natural Resources and Environment, University of Arizona. Pp. 188.
- Suárez, R., 2013. Discusión sobre mercados de productos marinos. [Conversación], (Comunicación personal, 12 de septiembre 2013).
- Trennor, C., y Danner, S., 2008. Mirugai Pacific geoduck, Final Report. Seafood Watch, Seafood Report, Monterey Bay Aquarium.
- Villicaña-Yépez G. L., 2012. Manifestacion de Impacto Ambiental Modalidad Regional para el Proyecto "Homeport Turistico de Puerto Penasco" QV Gestion Ambiental, S.C., Comision de Fomento al Turismo del Estado de Sonora.

- Willner, G., 2006. The Potential Impacts of the Commercial Geoduck (*Panopea generosa*) Hydraulic Harvest Method on Organisms in the Sediment and at the Water-Sediment Interface in Puget Sound. Thesis for the degree of Master of Environmental Studies. The Evergreen State College. June 2006. Available at: <[www.caseinlet.org/uploads/Willnerstudy.pdf](http://www.caseinlet.org/uploads/Willnerstudy.pdf)> [Accessed 15 noviembre 2013].
- Zaixso, H., 2002. Manual de Campo para el Muestreo de Bentos. Universidad nacional Autonoma de la Patagonia, San Juan Bosco, Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales: [on line] Available at <[http://www.jfhcs.unp.edu.ar/catedras/ecologia\\_acuatica/ecologia\\_acuatica/Textos%20Ecol%20acuatica/Bentos.pdf](http://www.jfhcs.unp.edu.ar/catedras/ecologia_acuatica/ecologia_acuatica/Textos%20Ecol%20acuatica/Bentos.pdf)>. [Accessed 18 de octubre 2013].
- Zollett, E., Trumble, R., Swasey, J., Stebbins, S., Bonzon, K., Annand, C., Arnason, R., Belay, B., Gilroy, H., Henninger, H., Jones, M., Leaman, B., 2011. Guiding Principles for Development of Effective Monitoring Programs. Report prepared for Environmental Defense Fund. MRAG Americas, Essex, MA. 59 pp. [on line] Available at: <<http://blogs.edf.org/edfish/files/2011/05/MRAG-EDF-Guiding-Principles-for-Monitoring-Programs-Final-Final.pdf>>. [Accessed 19 de octubre 2013].