



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL  
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LA  
COMUNIDAD DE MOLUSCOS DE FONDOS  
BLANDOS DEL ESTERO DE LA ISLA SAN JOSÉ,  
GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

EN

MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA

ANNIA GONZÁLEZ BAUTA

LA PAZ, B.C.S., DICIEMBRE DE 2021



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

## ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de **La Paz, B.C.S.**, siendo las **12:00** horas del día **22** del mes de **Noviembre** del **2021** se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Posgrado de: **CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS** para examinar la tesis titulada: **“COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE MOLUSCOS DE FONDOS BLANDOS DEL ESTERO DE LA ISLA SAN JOSÉ, GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO”** del (la) alumno (a):

Apellido Paterno:	GONZÁLEZ	Apellido Materno:	BAUTA	Nombre (s):	ANNIA
-------------------	----------	-------------------	-------	-------------	-------

Número de registro: **A 2 0 1 0 2 7**

Aspirante del Programa Académico de Posgrado: **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS**

Una vez que se realizó un análisis de similitud de texto, utilizando el software antiplagio, se encontró que el trabajo de tesis tiene 18 % de similitud. **Se adjunta reporte de software utilizado.**

Después que esta Comisión revisó exhaustivamente el contenido, estructura, intención y ubicación de los textos de la tesis identificados como coincidentes con otros documentos, concluyó que en el presente trabajo **SI**  **NO**  **SE CONSTITUYE UN POSIBLE PLAGIO.**

**JUSTIFICACIÓN DE LA CONCLUSIÓN:** El mayor porcentaje (7%) es en metodología, pero está debidamente documentada en las citas bibliográficas

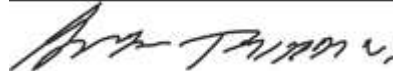
Es responsabilidad del alumno como autor de la tesis la verificación antiplagio, y del Director o Directores de tesis el análisis del % de similitud para establecer el riesgo o la existencia de un posible plagio.

Finalmente y posterior a la lectura, revisión individual, así como el análisis e intercambio de opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR**  **SUSPENDER**  **NO APROBAR**  la tesis por **UNANIMIDAD**  o **MAYORÍA**  en virtud de los motivos siguientes:

**“ SATISFACE LOS REQUISITOS SEÑALADOS POR LAS DISPOSICIONES REGLAMENTARIAS VIGENTES”**

### COMISIÓN REVISORA DE TESIS

  
**DR. ARTURO TRIPP QUEZADA**  
Director de Tesis  
Nombre completo y firma

  
**DR. ARTURO TRIPP VALDEZ**  
Nombre completo y firma

  
**DR. JOSÉ MANUEL BORGES SOUZA**  
Nombre completo y firma

  
**DR. MARCIAL TRINIDAD VILLALEJO FUERTE**  
2° Director de Tesis  
Nombre completo y firma

  
**DR. GUSTAVO ARENCIBIA CARBALLO**  
Nombre completo y firma

  
**DR. SERGIO HERNÁNDEZ BRITO**  
Nombre completo y firma  
**P.N. PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES DIRECCION**



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**CARTA CESIÓN DE DERECHOS**

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 02 del mes de Diciembre del año 2021

El (la) que suscribe LIC. ANNIA GONZÁLEZ BAUTA Alumno (a) del Programa  
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

con número de registro A201027 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS  
manifiesta que es autor(a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:

DR. ARTURO TRIPP QUEZADA y DR. MARCIAL TRINIDAD VILLALEJO FUERTE  
y cede los derechos del trabajo titulado:

“COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE MOLUSCOS DE FONDOS BLANDOS  
DEL ESTERO DE LA ISLA SAN JOSÉ, GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO”

al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: anniadiving95@gmail.com - atripp@ipn.mx - mvillale@ipn.mx

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

LIC. ANNIA GONZÁLEZ BAUTA

*Nombre y firma del alumno*

## ÍNDICE

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>IV</b>
<b>LISTA DE TABLAS .....</b>	<b>V</b>
<b>GLOSARIO .....</b>	<b>VI</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>IX</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>X</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>3</b>
<b>JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>HIPÓTESIS .....</b>	<b>6</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>6</b>
Objetivo general.....	6
Objetivos específicos.....	6
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>7</b>
Área de estudio.....	7
Trabajo de campo.....	8
Trabajo de laboratorio.....	9
Trabajo de gabinete.....	10
Análisis estadístico de la información .....	10
Criterios que definen una especie indicadora.....	13
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>16</b>
Descripción del ambiente.....	16
Composición de la comunidad de moluscos de fondos blandos en el estero de la isla San José. ....	17
Caracterización de la estructura de la comunidad de moluscos de fondos blandos del estero de la isla San José.....	22

Coeficiente de similitud .....	25
Curva de acumulación de especies .....	29
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>31</b>
Composición de la comunidad malacológica de fondos blandos .....	31
Estructura comunitaria de la malacofauna de fondos blandos.....	33
Relación entre la estructura comunitaria y las variables ambientales.....	35
Especies indicadoras del ambiente .....	37
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>40</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>42</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>43</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figuras</b>	<b>Página</b>
Figura 1. Localización geográfica del sitio de estudio y ubicación de estaciones de muestreo .....	8
Figura 2. Distribución porcentual del tipo de sedimento en el estero de la isla San José.....	17
Figura 3. Número de especies por familia de la clase Bivalvia.....	21
Figura 4. Número de especies por familia de la clase Gasteropoda. ....	21
Figura 5. Abundancia y riqueza de especies en las estaciones de muestreo en el estero de la isla San José. ....	23
Figura 6. Abundancia total de las especies más representativas de fondos blandos en el estero de la isla San José.....	23
Figura 7. Índices de diversidad y equidad de la comunidad de moluscos de fondos blandos en el estero de la isla San José. ....	24
Figura 8. Clasificación ecológica de las especies basada en la prueba de Olmstead-Tukey. ....	25
Figura 9. Dendograma de las estaciones de muestreo en el estero de la isla San José.....	27
Figura 10. Diagrama del análisis canónico de correspondencia del estero de la isla San José. ....	29
Figura 11. Curva de acumulación de especies adaptado al modelo de Clench en el estero de la isla San José. ....	30
Figura 12. Conglomerados de Chama corallina fijados a una valva de un organismo muerto. ....	36

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Página</b>
Tabla 1. Clasificación del tamaño de grano de los sedimentos. Las partículas están categorizadas en la escala de Wentworth (1922) con unidades phi ( $\phi$ ). .....	9
Tabla 2. Características biológicas que debe cumplir un taxón para ser considerado como bioindicador. ....	14
Tabla 3. Lista taxonómica de las especies de moluscos de fondos blandos en el estero de la isla San José. ....	17

## GLOSARIO

**Abundancia.** Número de individuos presente en un ecosistema o en un área determinada.

**Biocenosis.** Conjunto de organismos de todas las especies que coexisten en espacio definido llamado biotopo, que ofrece las condiciones ambientales necesarias para su supervivencia.

**Bivalvos.** Moluscos de la clase Bivalvia caracterizados por presentar dos conchas o valvas que se unen en la región dorsal.

**Composición.** Formación de un todo o un conjunto unificado uniendo con cierto orden una serie de elementos.

**Comunidad bentónica.** Conjunto de poblaciones formada por los organismos que habitan el fondo de los ecosistemas acuáticos en un área o en un hábitat físico determinado.

**Dinámica litoral.** Conjunto de procesos costeros causados por los agentes climáticos marinos (oleaje, viento, variaciones del nivel del mar y corrientes) al actuar sobre el medio.

**Diversidad.** Propiedad de una comunidad que expresa su grado de complejidad estructural. Esta propiedad se puede medir a través de diferentes índices que ponderan dos elementos básicos, el número de especies y la distribución de la abundancia entre ellas.

**Ecosistema.** Comunidad de los seres vivos cuyos procesos vitales se relacionan entre sí y se desarrollan en función de los factores físicos de un mismo ambiente.

**Equidad.** Propiedad de una comunidad que se relaciona con la uniformidad de la distribución de la abundancia entre las especies.

**Especie.** Grupo de individuos que se cruzan entre sí, con descendencia fértil y que comparten características genotípicas y fenotípicas.



**Estructura.** Disposición y orden de las partes dentro de un todo.

**Fondos blandos.** Sustrato conformado por material suelto particulado no consolidado que puede ir desde arena gruesa hasta limo y arcilla.

**Gastrópodos.** Moluscos de la clase Gastropoda conocidos como caracoles, caracterizados por presentar una concha sólida y enrollada en espiral, además de presentar una cavidad bucal con rádula y ser hermafroditas o dioicos, ovíparos u ovovivíparos.

**Granulometría.** Estudio de la distribución estadística de los tamaños de una colección de elementos de un material sólido fraccionado o de un líquido multifásico.

**Hábitat.** Se refiere al conjunto de recursos y condiciones ambientales que están definidos en espacio y tiempo, mismos que determinan la presencia, reproducción y supervivencia de una especie.

**Infralitoral.** Dícese de la zona del fondo marino (bentos), o piso, inmediatamente por debajo del nivel del agua y que, por tanto, permanece casi todo el tiempo sumergida y muy raramente emergida.

**Materia orgánica.** Conjunto de materiales vegetales y animales total o parcialmente descompuestos por la acción de los microorganismos presentes en el suelo.

**Moluscos.** Organismos invertebrados de cuerpo blando, caracterizados por poseer un pie muscular que adopta diversas formas, generalmente con una concha calcárea y un órgano de alimentación llamado rádula, terrestres, marinos y de agua dulce.

**Nicho ecológico.** Estrategia de supervivencia utilizada por una especie, que incluye la forma de alimentarse, de competir con otras, de cazar, de evitar ser comida.

**nits/ind.** Unidad ecológica empleando logaritmo normal para representar la diversidad.

**Phylum.** En la taxonomía biológica es una categoría que sigue después del reino; cada phylum incluye una o más clases.

**Población.** Conjunto de organismos o individuos de la misma especie que coexisten en un mismo espacio y tiempo determinado, compartiendo ciertas propiedades biológicas.

**Riqueza específica.** Número de especies que se encuentran presentes en una muestra o área determinada.

**Sedimento.** Partículas de diverso origen y naturaleza que se acumulan de una manera suelta sin consolidar y son depositadas en el fondo del mar o sobre la superficie del continente, arrastradas mecánicamente por las aguas o el viento, entre otros.

**Somero.** Superficial o de poca profundidad.

**Sucesión ecológica.** Serie de cambios progresivos en las especies que componen una comunidad a lo largo del tiempo.

**Tafonomía.** Ciencia que intenta explicar todos los sucesos que afectaron a un resto de un organismo del pasado, desde que el individuo murió hasta que son encontrados sus fósiles en el registro estratigráfico.

**Tanatocenosis.** Conjunto de fósiles constituidos de restos de organismos que no estuvieron asociados en vida.

**Taxonomía.** Organización y clasificación de los seres vivos en grupos que van desde los niveles más generales, como reinos y clases, hasta los más específicos, como géneros y especies.

**Variable ambiental.** Descriptor físico, químico, geológico y/o biológico que permite identificar una característica del ambiente.

## RESUMEN

En estudios de impacto ambiental o de cambio climático, los moluscos han sido ampliamente utilizados como bioindicadores del ambiente. Dada su importancia, las islas del golfo de California son Patrimonio Mundial de la Humanidad y forman parte de áreas protegidas. Al finalizar este estudio se dispondrá de un inventario de especies de moluscos como línea base para conocer y caracterizar la estructura malacológica de fondos blandos del estero de la isla San José. Para lograr este objetivo, en el verano del 2015, se establecieron 16 estaciones de muestreo, donde se recolectaron 16 muestras biológicas y 16 de sedimentos. Se utilizaron como descriptores ecológicos la abundancia y la riqueza específica. Para estimar la diversidad se empleó el índice de Shannon-Wiener y para la equidad el de Pielou. Se realizó una clasificación ecológica cuantitativa basada en la prueba de Olmstead-Tukey. Para expresar el grado de semejanza de la composición de especies y sus abundancias se empleó el índice de Sorensen. Para correlacionar las variables ambientales se utilizó el Análisis Canónico de Correspondencia (ACC). En el estero de la isla San José predominan las arenas medias. Se registraron 1158 ejemplares, con un total de 97 especies, distribuidas en 18 órdenes y 32 familias. El grupo taxonómico mejor representado fue la Clase Pelecípoda. Los valores medios del Índice de Shannon-Wiener y de Pielou fueron de 2.0 nits/ind. y 0.8, respectivamente. La mayor similitud la presentaron las estaciones 5 y 7, con un coeficiente de 0.5. De acuerdo, al ACC, las especies dominantes y constantes están asociadas al sedimento de arenas gruesas y medias. La especie más abundante fue el bivalvo *Laevicardium substriatum* y la especie con mayor frecuencia de aparición fue la almeja chocolata *Megapitaria squalida*, de esta última se observó la presencia de juveniles en la boca del estero. Se reportan como posibles especies indicadoras de cambios en el ambiente los bivalvos *Megapitaria squalida* y *Chione californiensis*.

**Palabras clave:** Bivalvos, Gasterópodos, sedimentos, diversidad.

## ABSTRACT

In environmental impact or climate change studies, mollusks have been widely used as bioindicators of the environment. Given their importance, the islands of the gulf of California are World Heritage Sites and are part of protected areas. At the end of this study, an inventory of mollusk species will be available as a baseline to understand and characterize the malacological structure of the soft bottoms of the San José island estuary. To achieve this objective, in the summer of 2015, 16 sampling stations were established, where 16 biological and 16 sediment samples were collected. Abundance and specific richness were used as ecological descriptors. The Shannon-Wiener index was used to estimate diversity and the Pielou index for equity. A quantitative ecological classification was made based on the Olmstead-Tukey test. To express the degree of similarity of the composition of species and their abundances, the Sorensen index was used. To correlate the environmental variables, the Canonical Correspondence Analysis (ACC) was used. Middle sands predominate in the estuary of San José Island. 1158 specimens were registered, with a total of 97 species, distributed in 18 orders and 32 families. The best represented taxonomic group was the Class Pelecipoda. The mean values of the Shannon-Wiener and Pielou Index were 2.0 nits/ind. and 0.8, respectively. The greatest similarity was presented by stations 5 and 7, with a coefficient of 0.5. According to the ACC, the dominant and constant species are associated with the sediment of coarse and medium sands. The most abundant species was the bivalve *Laevicardium substriatum* and the species with the highest frequency of appearance was the chocolata clam *Megapitaria squalida*, of the latter the presence of juveniles was observed at the mouth of the estuary. The bivalves *Megapitaria squalida* and *Chione californiensis* are reported as possible indicator species of changes in the environment.

**Keywords:** Bivalves, Gastropods, sediments, diversity.

## INTRODUCCIÓN

El golfo de California, conocido también como mar de Cortés o mar Bermejo, se encuentra dentro de los mares marginales del océano Pacífico, ubicado en la parte noroeste de la República Mexicana (Sans-Aguilar, 2018). Es considerado uno de los cinco ecosistemas marinos de mayor productividad y biodiversidad en el planeta (Aburto-Oropeza & López-Sagástegui, 2006). En un área 258,593 km<sup>2</sup> de superficie, se distribuyen un conjunto de 922 islas e islotes de las cuales 244 son las más grandes e importantes de la región (Bourillón-Moreno *et al.*, 1991); declaradas en el 2005 como Patrimonio Mundial Natural por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (SEMARNAT, 2018).

La isla San José, mide aproximadamente 26.5 km de largo por 7.2 a 9.6 km de ancho, con una superficie de 194 km<sup>2</sup> (Carmona Piña, 2007), considerada la sexta isla de mayor extensión territorial de México (Barjau-González, 2011), habitada por pescadores y pequeñas rancherías dedicadas al ganado caprino, siendo la pesca la actividad de mayor importancia (Holguín-Quiñones *et al.*, 2001). En la región meridional se ubica uno de los ecosistemas estuarino lagunares con vegetación de manglar, de mayor extensión y complejidad que se puede encontrar en los ambientes insulares del golfo de California (González-Acosta, 2006), además de ser la zona de mayor atracción turística y actividades pesqueras (Rabadán-Sotelo, 2014). A pesar de la importancia ecológica que representa este hábitat, ha sido poco estudiada por la comunidad científica (Holguín-Quiñones *et al.*, 2001; González-Acosta, 2006; Halfar & Tripp Quezada, 2008; Barjau-González, 2011; Rabadán-Sotelo, 2014). De acuerdo con las observaciones hechas por la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) a través del Instituto Nacional de Ecología se recomienda desarrollar planes de manejo para grupos de islas que reúnan características ecológicas similares (Bourillón-Moreno *et al.*, 1991). Por lo anterior, es fundamental disponer de un inventario de especies, como requisito para planificar, gestionar y conservar de forma racional y responsable la diversidad biológica de un país o una región (Halfar & Tripp Quezada, 2008).

Los moluscos son un grupo megadiverso, con amplia diversidad de hábitos y hábitats. Su distribución latitudinal abarca desde las regiones polares hasta los trópicos y se encuentran en el mar desde pisos litorales hasta grandes profundidades oceánicas, en ríos, lagos y ambientes terrestres (Baqueiro-Cárdenas *et al.*, 2007). Por su conocida taxonomía y amplia distribución, tienen importancia económica y ecológica, usados en disímiles campos como: la farmacología y medicina, en las pesquerías y la acuicultura, en la minería, en la industria química y de la construcción, en la joyería y ornato y en la reconstrucción de paleoambientes.

Entre los variados procesos que determinan la estructura de una comunidad de moluscos de fondos blandos en la franja litoral es la influencia de los ecosistemas de manglar que son altamente productivos y generan una gran cantidad de nutrientes, los cuales son exportados por las mareas a la franja litoral, donde son aprovechados por una variedad de moluscos como una zona de reclutamiento de juveniles. Además, en estudios de impacto ambiental, los moluscos responden a distintos tipos de estrés por su amplia tolerancia fisiológica, diferentes tipos de alimentación e interacciones tróficas, tolerancia a contaminantes y dependencia del sitio que habitan en el sedimento, por lo que han sido utilizados como bioindicadores del ambiente (González Acosta, 1998). En orden secuencial, a partir del inventario de especies de moluscos de fondos blandos en el estero de la isla San José, golfo de California, como línea base, permitirá conocer y caracterizar la estructura comunitaria de los moluscos de fondos blandos presentes en el estero, describir características asociadas a su hábitat en escala espacial y detectar posibles variables ambientales que influyen en la distribución y abundancia de estos organismos.

## ANTECEDENTES

El phylum Mollusca representa uno de los grandes grupos del reino animal (Castillo-Rodríguez, 2014), con un número estimado de 110 mil especies (Abbott y Dance, 1982), aunque fuentes más recientes se aproxima a más de 80 mil especies (Baqueiro-Cárdenas *et al.*, 2007). En el golfo de California, Hendrickx y Brusca (2005) registraron más de 2250 especies distribuidas principalmente en las lagunas costeras, los esteros, la zona intermareal y la plataforma continental. El estudio de los moluscos marinos es un atractivo para paleontólogos, zoólogos, biólogos y arqueólogos marinos, coleccionistas y genetistas entre otras especialidades, debido a la vasta complejidad de tipo de características que contribuyen al éxito en su colonización en bosques de manglar, lagunas costeras, zonas arrecifales, estableciendo nichos ecológicos, desde la zona intermareal hasta taludes y profundidades oceánicas (Castillo-Rodríguez, 2014).

CICIMAR cuenta con una línea de Investigación: Ecología de moluscos marinos de la zona infralitoral de las islas del golfo de California, México, donde se han realizado diversos trabajos de las islas del golfo. Entre ellos se puede citar el trabajo de Halfar y Tripp Quezada (2008), sobre las comunidades de moluscos asociados a ambientes de carbonatos modernos en cuatro sitios del golfo de California (bahía de los Ángeles, Punta Chivato, San José y Cabo Pulmo), donde a partir de la variación de las variables ambientales de temperatura y clorofila y fauna bentónica caracterizó el ambiente de eutrófico a oligotrófico de norte a sur, además de determinar que el mayor aporte de sedimentos carbonatados provenía de la *Megapitaria squalida* respecto a la *Chione californiensis*.

Otros estudios sobre las islas declaran como la estructura malacológica está vinculada directamente al tipo de sedimento, dado el dinamismo de las aguas y la influencia de los vientos que presenta determinado sitio, pueden dar origen a la deposición de sedimentos, un ejemplo de estos efectos ocurre entre la isla San Francisco y la isla San José se encuentra un tómbolo, donde se establece una de las comunidades de moluscos más diversa de la zona asociado a arenas gruesas y medias (Tripp-Quezada *et al.*, 2013). En estudios realizados en la isla Cerralvo se encontró que el tipo de

sedimento determina la abundancia y riqueza de moluscos en este sitio (Vázquez-Vega & Tripp-Quezada, 2013). En la isla Santa Cruz se reporta como uno de los sitios de menor riqueza respecto a las otras islas, dado a la alta dinámica de este ambiente ocasionado por el transporte de material litogénico a través de escurrimientos fluviales, la acción del oleaje y los patrones de vientos característicos de la zona, determinan el tamaño del grano, limitando el desarrollo de macromoluscos de fondos blandos, principalmente los de importancia comercial (Tripp-Quezada *et al.*, 2018). Igualmente se evaluó como la variación espacial de la diversidad de la comunidad en el archipiélago Espíritu Santo está determinado por el tamaño del grano (Bosch-Callar, 2018).

La isla San José constituye la tercera isla más grande del golfo de California (Carreño y Helens, 2002; Barjau-González, 2011), con una significativa importancia ecológica; sin embargo, existen muy pocos estudios e información relacionados con la isla. Entre ellos se pueden citar algunos referentes a la avifauna de la región (Carmona Piña, 2007), de tipo cartográfico-estratigráfico (Ruiz-Geraldo, 2005), sedimentológico y de mapeo acústico (Hetzinger, 2003), sedimentos de carbonatos (Hetzinger *et al.*, 2006), así como de algunas especies de invertebrados asociados a fondos someros (Holguin Quiñones *et al.*, 2008) y de moluscos de fondos blandos asociados a sedimentos de carbonatos (Halfar & Tripp Quezada, 2008). Referente al estero de manera particular, se ha realizado un solo trabajo y es dirigido a comunidades de peces (Rabadán-Sotelo, 2014). Cabe señalar que la información sobre el ecosistema de manglar asociado al cuerpo lagunar de la isla, es prácticamente desconocida, principalmente sobre la fauna malacológica en el estero. Por lo tanto, los moluscos como miembros importantes de la comunidad bentónica hacen necesario conocer como varían sus comunidades y que factores ambientales modulan su distribución y abundancia; y estos antecedentes reflejan como el sedimento es el principal factor que explica la variación de estas comunidades.



## JUSTIFICACIÓN

La zona costera y las islas del golfo de California son objeto de un permanente uso turístico, siendo el turismo uno de los servicios de mayor demanda de infraestructura, lo cual provoca modificaciones y afectaciones a las zonas costeras. Realizar un inventario de la diversidad biológica de un phylum tan diverso en los ecosistemas marinos como es el de los moluscos, constaría como una variable descriptiva de la biodiversidad de un país (Castillo-Rodríguez, 2014). Además, de ser ampliamente utilizados en estudios de impacto a los ambientes marinos, dadas las diversas respuestas a la contaminación, que pueden advertirse tanto en individuos como en poblaciones y pueden ser manifestación de modificaciones en comportamiento, fisiología o simple tolerancia o intolerancia a los contaminantes (Baqueiro-Cárdenas *et al.*, 2007).

La isla San José no queda exenta de las actividades turísticas y pesqueras, la cual soporta una constante polémica por la obtención de este territorio. Según la jurisdicción establecida por la Cámara de Diputados (2013), se incorporó reformas al Artículo 6 de la Ley General de Bienes Nacionales, donde se estableció en el Artículo 162 de la Ley Agraria, que México venda sus islas, meses después, se modificó el artículo 27 constitucional, permitiendo que extranjeros pudieran adquirir inmuebles tanto en playas como en litorales mexicanos. Todo ello conllevó a firmar el convenio de compraventa de la isla San José con la compañía Amero en junio del 2019, con el objetivo de desarrollar solo un 3% de la isla, en la antigua mina de sal cercano al estero y el resto mantenerlo como reserva territorial (El Economista, 2019).

El uso del suelo de esta área protegida implicaría alteraciones en el ecosistema; por ende, es fundamental establecer una línea base de la composición y estructura de la comunidad de moluscos de fondos blandos en el estero de la isla San José, para posteriormente poder determinar que tanto varía la comunidad, y cómo los factores ambientales y antrópicos modulan su distribución y abundancia.

## **HIPÓTESIS**

La estructura de la fauna malacológica del estero de la isla San José está relacionada con el tipo de sedimento, como uno de los principales factores que explica la variación de la estructura de la comunidad.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Conocer y caracterizar la estructura comunitaria de los moluscos de fondos blandos del estero de la isla San José y su posible relación con algunas variables ambientales.

### **Objetivos específicos**

- 1- Conocer la composición de la comunidad de moluscos de fondos blandos en el estero de la isla San José.
- 2- Conocer la granulometría de los sedimentos.
- 3- Determinar la estructura de la comunidad con relación con al tipo de sedimento.
- 4- Detectar posibles especies indicadoras que reflejen el impacto de cambios ambientales sobre el hábitat, la comunidad o ecosistema.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estero se encuentra en la región suroeste de la isla San José entre los 24° 53' 12" N y 110° 33' 48" W (Figura 1). Es un cuerpo costero de tipo lagunar, bordeado por una extensa cobertura de vegetación de manglar, con predominio de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y de menor porción mangle negro (*Avicennia germinans*) (Rabadán-Sotelo, 2014). Es posible que constituya el ecosistema de manglar de mayor extensión dentro de las islas del golfo (Bourillón-Moreno *et al.*, 1991; González-Acosta, 2006).

El acceso al área de estudio se efectúa por dos bocas o entradas, una al norte (24°53' 12" N y 110°34' 22" W) de 40 m de ancho que comunica de modo permanente con el mar adyacente y otra al sur (24°52' 22.32" N y 110°34' W) regida por el flujo y reflujo de las mareas, que impide el acceso marítimo a través de esta vía debido a la escasa profundidad que se genera durante la bajamar. El acceso al canal principal recorre una longitud aproximada de 1.5 km de largo, su amplitud varía desde los 4 a los 10 m hasta el inicio de la cobertura de mangle, con una profundidad promedio entre los 2 y 5 m (Rabadán-Sotelo, 2014).

Perpendicular al acceso principal se encuentra una laguna interior, cuya longitud aproximada es de 2.19 km; se encuentra separada del mar adyacente por una barra de bloques y conglomerados (piedra bola) comunicada por la entrada sur o boca secundaria. El cuerpo lagunar presenta profundidades que oscilan desde los 0.3 m en la parte oeste, hasta los 8 m en la parte este. Tanto en el cuerpo principal, como en ambos canales de acceso, existen diversos canales secundarios que se ramifican en el interior del ecosistema (Bourillón-Moreno *et al.*, 1991; González-Acosta, 2006). La velocidad de la corriente es ocasionada por la marea, la cual es de tipo mixto-semidiurna (con dos pleamares y dos bajamares), y es gobernada por los ciclos lunares (González-Acosta, 2006; Rabadán-Sotelo, 2014).

## Trabajo de campo

En el verano del 2015 se establecieron en la zona infralitoral del estero de la isla San José 16 estaciones de muestreo, 8 en la zona adyacente a la barra del estero y 8 en la zona del canal y laguna interior (Figura 1). Las 8 primeras estaciones se ubicaron a 50 m desde el nivel más bajo de marea, con una distancia de 100 m entre ellas. El resto de las otras estaciones se distribuyeron tratando de abarcar los sitios de mayor influencia en el canal y la laguna.

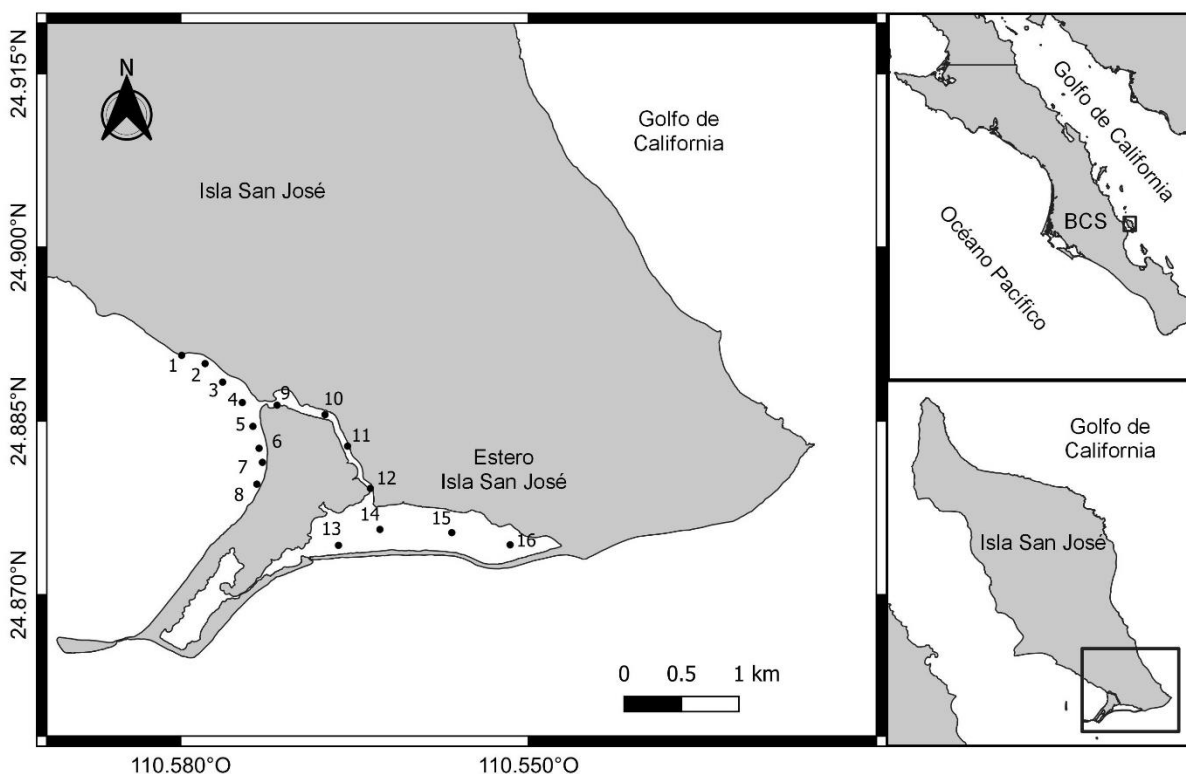


Figura 1. Localización geográfica del sitio de estudio y ubicación de estaciones de muestreo

En los 16 sitios se recolectaron 32 muestras, 16 corresponden a muestras biológicas y 16 a muestras de sedimento. Las muestras biológicas se obtuvieron mediante equipo de buceo autónomo utilizando un marco de tubo de PVC de 1 m<sup>2</sup>, el mismo se fija al fondo, y se tamizan in situ a través de una criba de madera de 40 x 40 cm con malla metálica de 3 mm de luz. Para conocer las características texturales del sedimento marino, se tomaron muestras de sedimento de cada estación, en una capa de 15 cm de profundidad. Como otras variables descriptivas del ambiente, se midió en la

columna de agua la temperatura, la salinidad y la profundidad. La temperatura del agua se registró en grado Celsius (°C) mediante un termómetro de cubeta. Para obtener la salinidad se empleó un refractómetro (ups), que logra medir la cantidad de sales disueltas en agua. Se utilizó una sondaleza para registrar la profundidad, la cual lleva marcas para facilitar la lectura de la profundidad en metros (m).

### Trabajo de laboratorio

Los organismos se identificaron hasta el último nivel de taxón, empleando las claves taxonómicas publicadas por Keen (1971), Abbott (1974), Skoglund (1991), (Coan *et al.* (2000), Coan & Valentich (2012) y la página web World Register of Marine Species (2020).

Para conocer las características texturales del sedimento marino se pasó cada muestra por unos tamices de diferente tamaño de malla, colocándolos en una columna en orden descendente. Posteriormente toda la columna se sometió a movimientos rotatorios de forma manual; así las partículas quedan retenidas en cada tamiz según su tamaño, dado que las mallas actúan como filtros. Por consiguiente, se interpretaron las partículas según la escala de Wentworth (Folk, 1974) (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación del tamaño de grano de los sedimentos. Las partículas están categorizadas en la escala de Wentworth (Folk, 1974) con unidades phi ( $\phi$ ).

Clase de Tamaño Wentworth, 1922		Tamaño (mm)	Unidades phi ( $\phi$ )
Gravas	Bloques	>256	< -8
	Adoquín	64 a 256	-6 a -8
	Guijarros	4 a 64	-2 a -6
	Gránulos	2 a 4	-1 a -2
Arenas	Muy gruesas	1 a 2	0 a 1
	Gruesas	0.5 a 2	1 a 0
	Medianas	0.25 a 0.50	2 a 1
	Fina	0.125 a 0.50	3 a 2
	Muy fina	0.0625 a 0.125	4 a 3
Lodos	Limo	0.0039 a 0.0625	8 a 4
	Arcilla	< 0.0039	> 8

## Trabajo de gabinete

Para evaluar la eficiencia del esfuerzo de muestreo se empleó la ecuación de Clench, capaz de construir y describir la curva de acumulación de especies, a partir de la tasa de incremento de nuevas especies al comienzo del inventario; en relación con la forma de la curva (Jiménez-Valverde & Hortal, 2003).

Para el procesamiento estadístico se utilizaron las muestras vivas, o aquellos organismos que no presentaban ninguna alteración en sus conchas y en el periostraco. El grado tafonómico promedio descrito por Flessa *et al.* (1993), permite diferenciar si la comunidad descrita procede de una biocenosis o de una tanatocenosis, además de comparar las condiciones tafonómicas de sustratos de origen biogénico formados de diferentes ambientes o tiempo de depositación, calculándose de la siguiente forma:

$$\text{Grado promedio tafonómico} = \frac{g1 + 2 (g2) + 3 (g3) + 4 (g4)}{n}$$

donde:

g1; la concha no presenta ninguna alteración

g2; la concha presenta una ligera alteración

g3; la concha presenta alteraciones moderadas

g4; la concha presenta grandes alteraciones

n = Número de conchas en los cuatro grados

## Análisis estadístico de la información

El análisis estadístico de la información recolectada y procesada se realizó mediante el Programa R versión 3.6.3.

Los descriptores empleados para la comunidad de moluscos han sido la abundancia (A) medida como el número de individuos presentes en la muestra, riqueza específica (S) o número de especies en la muestra, se utilizó el índice de Shannon-Wiener (Magurran, 1991), utilizando el logaritmo natural como medida de la diversidad:

$$-\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

donde:

H': índice de diversidad de la especie (nits/ind.)

S: número de especies

$p_i$ : es la proporción del número de individuos que aparece representada en la especie  $i$

Este índice permite obtener un indicador ( $H'$ ) de la relación entre el número de especies ( $S$ ) y su abundancia relativa. Para la equidad se aplicó el índice de Pielou (1975) este índice expresa la diversidad  $H'$  relativa al máximo valor que  $H'$  puede alcanzar cuando todas las especies en la muestra son equitativas, con un individuo por especie.

$$J' = H' / H_{max}$$

donde:

$J'$ : índice de equidad de las especies

$H'$ : índice de diversidad de Shannon-Wiener

$H_{max}$ : valor máximo que este valor puede alcanzar

A los datos de la matriz de abundancia se le aplicó un análisis gráfico basado en el test de Olmstead-Tukey (Sokal y Rohlf, 1969) que consiste en graficar los valores de abundancia relativa para cada taxón contra el valor porcentual de su frecuencia relativa (González-Acosta *et al.*, 2005). Este análisis permite establecer una clasificación ecológica cuantitativa de las especies en el área estudiada, la cual se toma como criterio de depuración para los análisis de similitud y ordenación directa o análisis de

correspondencias canónicas (CCA) tomando en cuenta a las especies dominantes, esta prueba clasifica jerárquicamente a las especies de la siguiente forma:

ESPECIES DOMINANTES (D): son aquellas cuyos valores relativos tanto de abundancia como de frecuencia, son mayores a la media aritmética;

ESPECIES OCASIONALES (O): son aquellas que su abundancia relativa está por arriba de su valor promedio y una frecuencia relativa por debajo de su media aritmética;

ESPECIES CONSTANTES (C): son aquellas que tienen valores de frecuencia relativa por arriba de su promedio y una abundancia relativa por debajo de su media aritmética;

ESPECIES RARAS (R): son aquellas cuyos valores relativos tanto de la frecuencia como de la abundancia se encuentran por debajo de su media aritmética (Rohlf & Sokal, 1981; Garcia de Leon *et al.*, 1998; González Acosta, 1998).

Para expresar el grado de semejanza de la composición de especies y sus abundancias en el área de estudio se empleó el índice de Sorensen para los datos cualitativos (presencia-ausencia) (Feinsinger, 2004), definida de la siguiente forma:

$$IS = (2C / A + B)$$

Donde:

IS: Índice de Sorensen

A: Número de especies encontradas en la comunidad A.

B: Número de especies encontradas en la comunidad B.

C: Número de especies comunes en ambas localidades.

Esta expresión se extiende fácilmente a la abundancia en lugar de la presencia / ausencia de especies. Esta versión cuantitativa del índice de Sorensen también se conoce como índice Czekanowski. El coeficiente de similitud o distancia es el estimador cuantitativo del índice de Sorensen; que describirá el grado de asociación o



semejanza entre los elementos comparados, expresado en valor numérico, entre 0 y 1 (Valenzuela, 2012). La esencia de la interpretación es que entre el valor es más cercano a cero existe mayor similitud, pero si el valor más grande, cercano a uno, mayor será el grado de disimilitud.

Posteriormente para explorar los datos se aplicó el método Beta flexible como agrupaciones de vínculos promedios, registrando las medias entre clústeres. Permitiendo que elegir el peso de beta y controlar el espacio. A pesar de que el vínculo es diferente a la distancia elegida, McCune & Grace (Anderson, 2003) recomiendan usar el método de Beta flexible ( $\beta = -0.25$  a  $-0.5$ ) con la distancia de Bray-Curtis aplicando el índice de Sorensen.

El análisis canónico de correspondencia (CCA) es una técnica de ordenación en la que la distribución de las observaciones (estaciones) se corresponde con la de las variables (especies) en un mismo espacio cuyos ejes están condicionados por la máxima correlación múltiple con las variables ambientales, donde en la ordenación del diagrama de las especies está representada por puntos y los parámetros ambientales por vectores, donde la longitud del vector indica su importancia relativa y el ángulo de separación entre los ejes de ordenación y los vectores indica la magnitud de la correlación (Ter Braak, 1986).

Para el CCA se tomaron como variables ambientales los tipos de sedimento (arenas gruesas, arenas medias y arenas finas), la profundidad y la temperatura.

### **Criterios que definen una especie indicadora**

Las especies bioindicadoras se definen como aquellas que por sus características (sensibilidad a las perturbaciones ambientales, distribución, abundancia, dispersión, éxito reproductivo, entre otras) pueden ser usadas como estimadoras del estatus de otras especies o condiciones ambientales de interés que resultan difíciles, inconvenientes o costosas de medir directamente (Heink & Kowarik, 2010).

A partir de esta definición se puede fácilmente derivar que no cualquier taxón puede ser un bioindicador. Para ello, según González Zuarth *et al.* (2014) deben ser:

1) Estenoicos, es decir, con una tolerancia reducida respecto a uno o más factores ambientales porque de ser muy resistentes, los daños causados por los estresores pasarían desapercibidos.

2) Aportar información biológicamente relevante; en otras palabras, mediante sus respuestas debe ser posible discriminar entre las perturbaciones en el medio ambiente y las variaciones naturales.

3) Cumplir con requisitos adicionales descritos en la Tabla 2 (más detalles en (Holt & Miller, 2011)).

Tabla 2. Características biológicas que debe cumplir un taxón para ser considerado como bioindicador.

- Biológicamente relevantes.
- Suficientemente sensible para advertir alteraciones del ambiente, pero no tanto como para indicarnos variaciones triviales o poco importantes biológicamente.
- Capaz de advertir no solamente del peligro que corre el taxón mismo sino del peligro que corre todo el ecosistema.
- La intensidad del cambio en el taxón bioindicador está correlacionado con la intensidad del disturbio ambiental.
- Indica directamente la causa en vez de simplemente la existencia del cambio (ej. alteraciones de fecundidad y sobrevivencia y no únicamente en la abundancia).
- Los cambios que ocurren se producen muy poco tiempo después de originarse la alteración, lo que permite evitar daños dramáticos en el ecosistema.
- Su abundancia permite tomar muestras periódicamente sin comprometer la estabilidad de la población.
- Su baja movilidad facilita conocer el origen del disturbio.
- Son lo suficientemente resistentes como para poder manipularlos, transportarlos al laboratorio y hacer experimentos y análisis con ellos.
- Presentan una amplia distribución que permite hacer comparaciones entre distintas poblaciones.

- Fáciles de identificar por personas sin experiencia en el taxón.
- Los datos obtenidos a partir de ellos son fácilmente interpretables.
- No se requiere de un equipo caro o complejo para su monitoreo.

## RESULTADOS

### Descripción del ambiente

En septiembre del 2015, las variables ambientales no presentan variación significativa entre las estaciones de muestreo. La salinidad permanece constante en todo el estero con un valor de 35 ‰. La temperatura del agua se mantuvo a unos 30 °C en todas las estaciones de muestreo, excepto en la estación 14 y 15, que varió entre los 29.5 °C y 28.5 °C, respectivamente. La profundidad promedio es de 1.4 m, con una variación desde 0.7 m hasta 2.2 m, caracterizándose por ser un sitio somero. Los valores más bajos de profundidad se registraron en las estaciones de la 9 a la 13, en el canal del estero y la estación más occidental del cuerpo lagunar. Los valores más altos de profundidad se registraron en la estación 8, al oeste de la zona infralitoral adyacente a la isla y en las estaciones 14 y 15 dentro de la laguna.

Los sedimentos que caracterizan el sustrato del estero de la isla San José, se componen primordialmente por arenas. Las cinco primeras estaciones presentan la influencia de los vientos del suroeste, denominados como “Coromuel”, los huracanes, escurrimientos fluviales y dinámica costera, posiblemente provocan a su vez el transporte de sedimento, caracterizando la línea de costa erosiva-abrasiva. Por lo tanto, el tamaño de grano del sedimento es una medida de la cantidad de energía en el medio, lo que genera que predominen las arenas gruesas representando un 31 % en las estaciones, compuestas principalmente en la boca norte por trozos de conchas de moluscos y algas calcáreas (Rodolitos). En las estaciones de la 6 a la 8, el dominio de los vientos del noroeste conocidos como “Coyas”, reflejan la acumulación de sedimentos en la línea de costa, y la influencia de las mareas en el canal del estero determinan un 44 % de arenas medias. La laguna representa la zona más estable del estero, por lo que prevalecen las arenas finas con un 25 % (Figura 2).

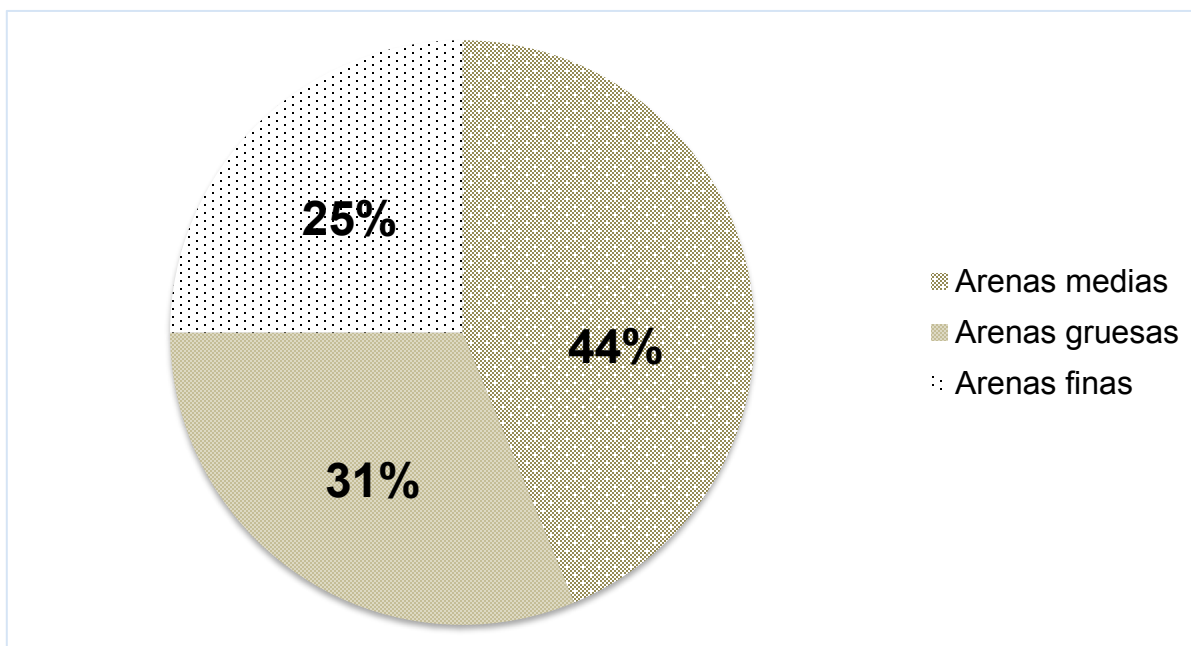


Figura 2. Distribución porcentual del tipo de sedimento en el estero de la isla San José.

### **Composición de la comunidad de moluscos de fondos blandos en el estero de la isla San José.**

En el verano del 2015, en el estero de la isla San José se registraron 1158 ejemplares de moluscos, con un total de 97 especies identificadas; distribuidas en 2 clases, 18 órdenes, 32 familias y 63 géneros. Las clases identificadas fueron Bivalvia y Gasteropoda.

De acuerdo, a la bibliografía publicada por Keen (1971), Abbott (1974), Skoglund (1991), Coan *et al.* (2000), Coan & Valentich (2012) y la página web World Register of Marine Species (2020), se establece una lista taxonómica de las especies identificadas en el estero de la isla San José (Tabla 3).

Tabla 3. Lista taxonómica de las especies de moluscos de fondos blandos en el estero de la isla San José.

## **PHYLUM MOLUSCA**

---

### **CLASE BIVALVIA**

<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>ESPECIES</b>
Arcoida	Arcidae	<i>Anadara multicosata</i> (Sowerby, 1833) <i>Anadara tuberculosa</i> (Sowerby, 1833) <i>Arca gradata</i> (Broderip & Sowerby, 1829) <i>Arca mutabilis</i> (Sowerby, 1833)
	Glycymerididae	<i>Glycymeris gigantea</i> (Reeve, 1843) <i>Tucetona multicosata</i> (Sowerby, 1833)
Cardiida	Donacidae	<i>Donax transversus</i> (Sowerby, 1825) <i>Gari helenae</i> (Olsson, 1961)
	Cardiidae	<i>Laevicardium elatum</i> (Sowerby, 1833) <i>Laevicardium elenense</i> (Sowerby, 1840) <i>Laevicardium substriatum</i> (Conrad, 1837) <i>Papyridea crockeri</i> (Strong & Hertlein, 1937) <i>Trachycardium consors</i> (Sowerby, 1833) <i>Trachycardium panamense</i> (Sowerby, 1833) <i>Trigoniocardia biangulata</i> (Broderip & Sowerby, 1829)
	Tellinidae	<i>Macoma nasuta</i> (Conrad, 1837) <i>Strigilla costulifera</i> (Mörch, 1860) <i>Strigilla dichotoma</i> (Philippi, 1846) <i>Tellina straminea</i> (Deshayes, 1855) <i>Tellina coani</i> (Keen, 1971) <i>Tellina eburnea</i> (Hanley, 1844) <i>Tellina subtrigona</i> (Sowerby, 1866)
Carditida	Carditidae	<i>Carditamera affinis</i> (Sowerby, 1833) <i>Carditamera radiata</i> (Sowerby, 1833) <i>Cardites crassicosatus</i> (Sowerby, 1825)
Galeommatoida	Basterotiidae	<i>Basterotia peninsularis</i> (Jordan, 1936)
Lucinida	Lucinidae	<i>Codakia distingueda</i> (Tryon, 1872) <i>Ctena clarionensis</i> (Hertlein & Strong, 1946) <i>Lucina undatoides</i> (Hertlein & Strong, 1945) <i>Lucina prolongata</i> (Carpenter, 1857) <i>Pleuroleucina undata</i> (Carpenter, 1865)
Mytiloida	Mytilidae	<i>Brachiodontes adamsianus</i> (Dunker, 1857) <i>Modiolus capax</i> (Conrad, 1837)
Nuculanida	Nuculanidae	<i>Yoldia limatula</i> (Say, 1831)
Nuculida	Nuculidae	<i>Nucula carlottensis</i> (Dall, 1897)
Ostreoida	Pectinidae	<i>Argopecten ventricosus</i> (Sowerby II, 1842) <i>Euvola vogdesi</i> (Arnold, 1906) <i>Lyropecten subnodosus</i> (Sowerby, 1835) <i>Nodipecten subnodosus</i> (Sowerby, 1835)
	Spondylidae	<i>Spondylus limbatus</i> (Sowerby II, 1847)

Pteriida	Pteriidae	<i>Pinctada mazatlanica</i> (Hanley, 1856)
Pterioida	Pinnidae	<i>Atrina maura</i> (Sowerby I, 1835)
Venerida	Chamidae	<i>Chama corallina</i> (Olsson, 1971) <i>Chama mexicana</i> (Carpenter, 1857)
	Veneridae	<i>Chione californiensis</i> (Broderip, 1835) <i>Chione guatulcoensis</i> (Hertlein & Strong, 1948) <i>Chione tumens</i> (Verrill, 1870) <i>Chione undatella</i> (Sowerby, 1835) <i>Chioneryx squamosa</i> (Carpenter, 1857) <i>Chionopsis amathusia</i> (Philippi, 1844) <i>Chionopsis ornatissima</i> (Broderip, 1835) <i>Chionopsis pulicaria</i> (Broderip, 1835) <i>Dosinia ponderosa</i> (Gray, 1838) <i>Ilioichione subrugosa</i> (Wood, 1828) <i>Megapitaria aurantica</i> (Sowerby, 1831) <i>Megapitaria squalida</i> (Sowerby, 1835) <i>Periglypta multicostata</i> (Sowerby, 1835) <i>Leukoma metodon</i> (Pilsbry & Lowe, 1932) <i>Tagelus californianus</i> (Conrad, 1837) <i>Tivela argentina</i> (Sowerby, 1835) <i>Tivela byronensis</i> (Gray, 1838) <i>Tivela stultorum</i> (Mawe, 1823) <i>Tranzenella modesta</i> (Broderip & Sowerby, 1835) <i>Ventricolaria isocardia</i> (Verrill, 1870)

## CLASE GASTEROPODA

<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>ESPECIES</b>
Caenogastropoda	Cerithiidae	<i>Cerithium stercusmuscarum</i> (Mörch, 1876)
	Turritellidae	<i>Turritella gonostoma</i> (Valenciennes, 1832)
Lepetellida	Fissurellidae	<i>Diodora inaequalis</i> (Sowerby, 1835)
		<i>Fissurella gemmata</i> (Menke, 1847)
Littorinimorpha	Calyptraeidae	<i>Crepidula aculeata</i> (Gmelin, 1791)
		<i>Crucibulum lignarium</i> (Broderip, 1834)
		<i>Crucibulum monticulus</i> (Berry, 1969)
		<i>Crucibulum scutellatum</i> (Wood, 1828)
	Cassidae	<i>Crucibulum spinosum</i> (Sowerby, 1824)
		<i>Cassis coarctata</i> (Sowerby, 1825)
Neogastropoda	Naticidae	<i>Polinices uber</i> (Valenciennes, 1832)
		Columbellidae
	<i>Anachis gaskoini</i> (Carpenter, 1857)	
	<i>Columbella haemastoma</i> (Sowerby, 1832)	
	<i>Conus scalaris</i> (Valenciennes, 1832)	
Conidae	<i>Volvarina taeniolata</i> (Mörch, 1860)	
	Marginellidae	<i>Nassarius luteostoma</i> (Broderip & Sowerby, 1829)
	Nassariidae	

	Olividae	<i>Oliva incrassata</i> (Lightfoot, 1786) <i>Oliva kaleontina</i> (Duclos, 1835) <i>Oliva spicata</i> (Röding, 1798) <i>Olivella intorta</i> (Carpenter, 1857) <i>Olivella altatae</i> (Burch & Campbell, 1963) <i>Olivella cymatilis</i> (Berry, 1958) <i>Olivella dama</i> (Wood, 1828) <i>Olivella fletcheriae</i> (Berry, 1958) <i>Olivella gracilis</i> (Broderip & Sowerby, 1829) <i>Olivella sphoni</i> (Burch & Campbell, 1963)
	Terebridae	<i>Terebra balaenorum</i> (Dall, 1908) <i>Terebra glauca</i> (Hinds, 1844)
	Turridae	<i>Crassispira cerithoides</i> (Carpenter, 1857) <i>Pyrgospira obeliscus</i> (Reeve, 1845)
Patellogastropoda	Lottiidae	<i>Collisella strigatella</i> (Carpenter, 1864)
Trochida	Turbinidae	<i>Turbo squamiger</i> (Reeve, 1843)

---

En la composición taxonómica, se aprecia que el grupo mayor representado fueron los bivalvos (Figura 3), con un total de 807 organismos, agrupados en 12 órdenes, 17 familias, 43 géneros y 64 especies. Los gasterópodos presentaron menor abundancia, con 351 organismos, pertenecientes a 6 órdenes, 15 familias, 20 géneros y 33 especies. El orden Venerida fue el más abundante de la clase Bivalvia y el orden Neogastropoda de la clase Gasteropoda. Las familias con mayor abundancia fueron Veneridae y Olividae, dentro de las clases Bivalvia y Gasteropoda, respectivamente (Figuras 3 y 4).



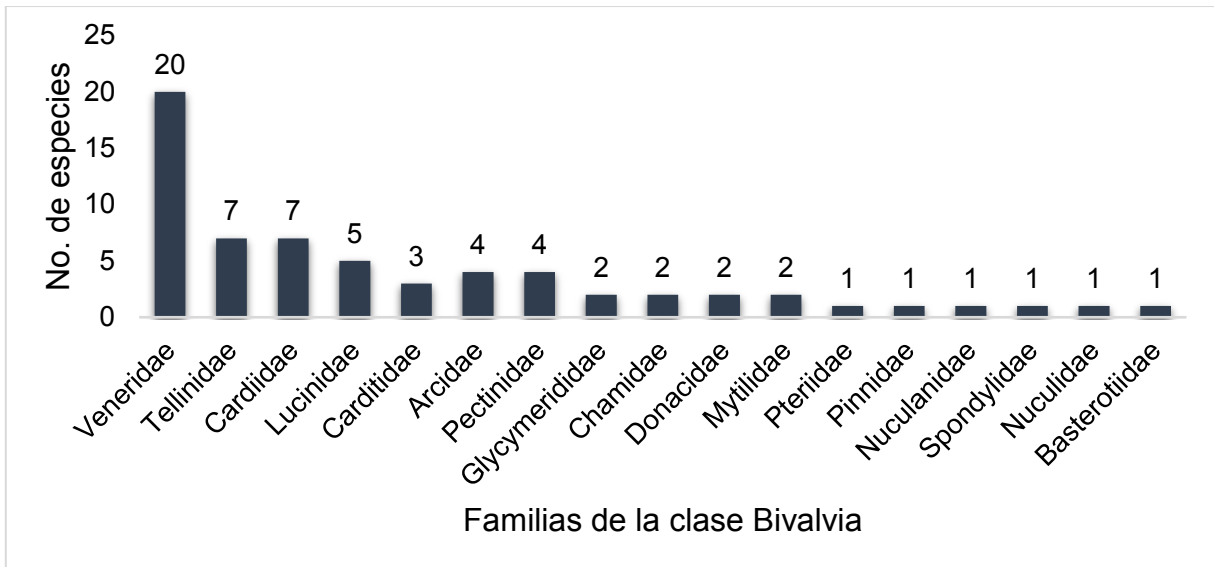


Figura 3. Número de especies por familia de la clase Bivalvia.

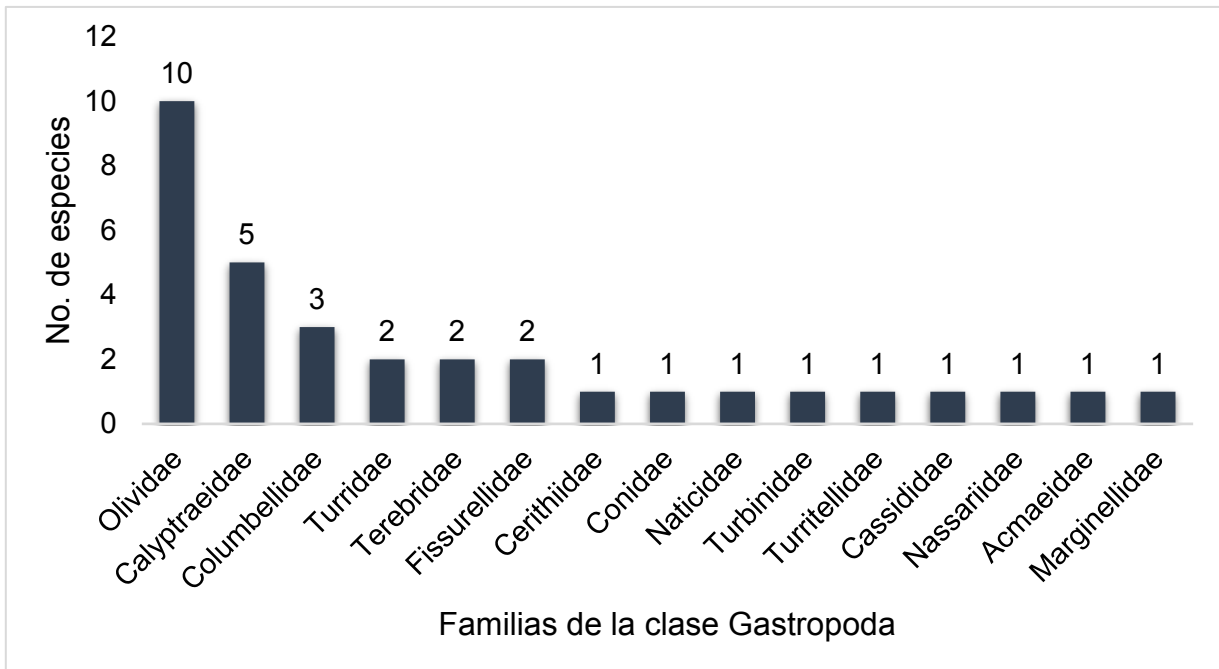


Figura 4. Número de especies por familia de la clase Gastropoda.

De la familia Cardiidae y Olividae, las especies de mayor abundancia son el bivalvo *Laevicardium substriatum* y el gasterópodo *Olivella dama*, con 114 y 92 ejemplares respectivamente. Otras dos especies pertenecientes a la familia Veneridae que

resaltan con un alto valor de organismos son los bivalvos *Tivela byronensis* y *Megapitaria squalida*, esta última de importancia comercial.

### **Caracterización de la estructura de la comunidad de moluscos de fondos blandos del estero de la isla San José.**

Del total de especies identificadas, la estación que mostró mayor número de organismos y riqueza específica fue la estación 5, con 228 individuos y 29 especies (Figura 5). De ellos se destaca la presencia de especies tales como *Olivella dama* (31), *Laevicardium substriatum* (27) y *Tivela byronensis* (24), consideradas especies de gran abundancia en el área de estudio (Figura 6). La estación 4 es otro sitio donde se observa un alto valor de abundancia (187), sin embargo, no presenta una riqueza de especies tan elevada como en la estación 5 (16), resaltando también especies como *Olivella dama* (46), *Laevicardium substriatum* (32) y algunas como *Olivella sphoni* (29) y *Chionopsis ornatissima* (22) que presentaron una alta abundancia. Otras estaciones que sobresalen por un elevado número de organismos fueron los sitios 7, 15 y 16. La estación 7 comparte especies similares a la estación 5, pero las estaciones 15 y 16 prevalecen los micromoluscos *Tellina coani*, *Tellina eburnea* y *Strigilla costulifera* y el macromolusco *Megapitaria squalida*, con el mayor número de ejemplares (22) en el sitio 16.

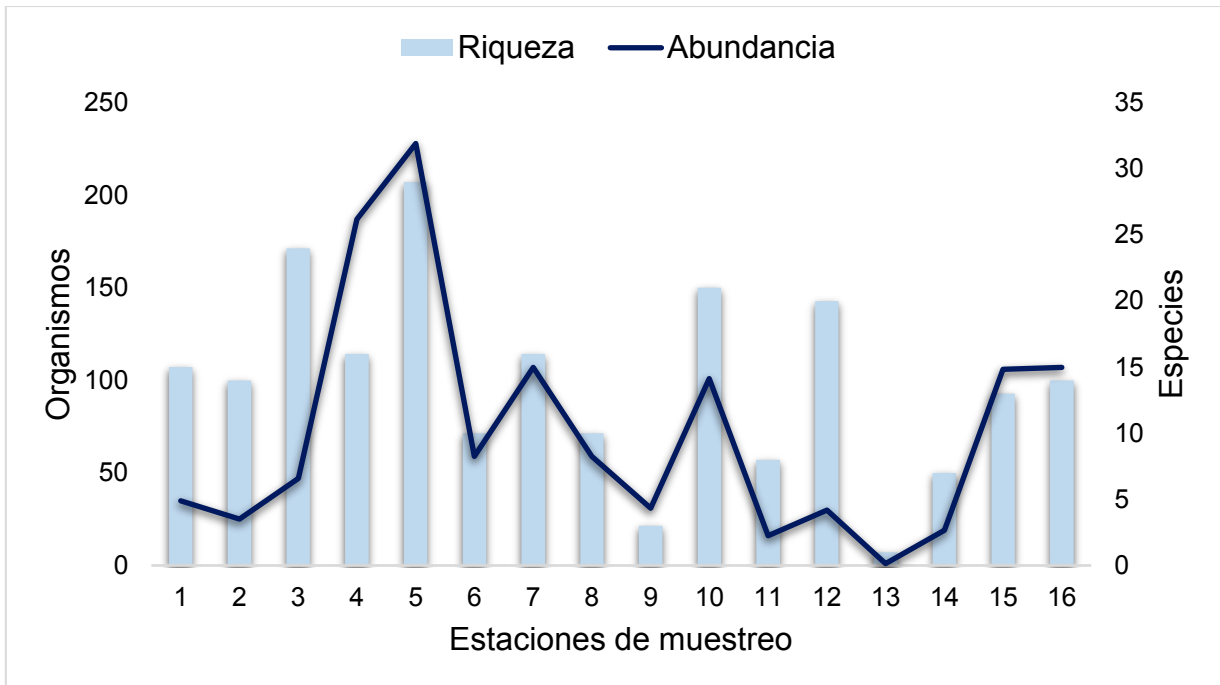


Figura 5. Abundancia y riqueza de especies en las estaciones de muestreo en el estero de la isla San José.

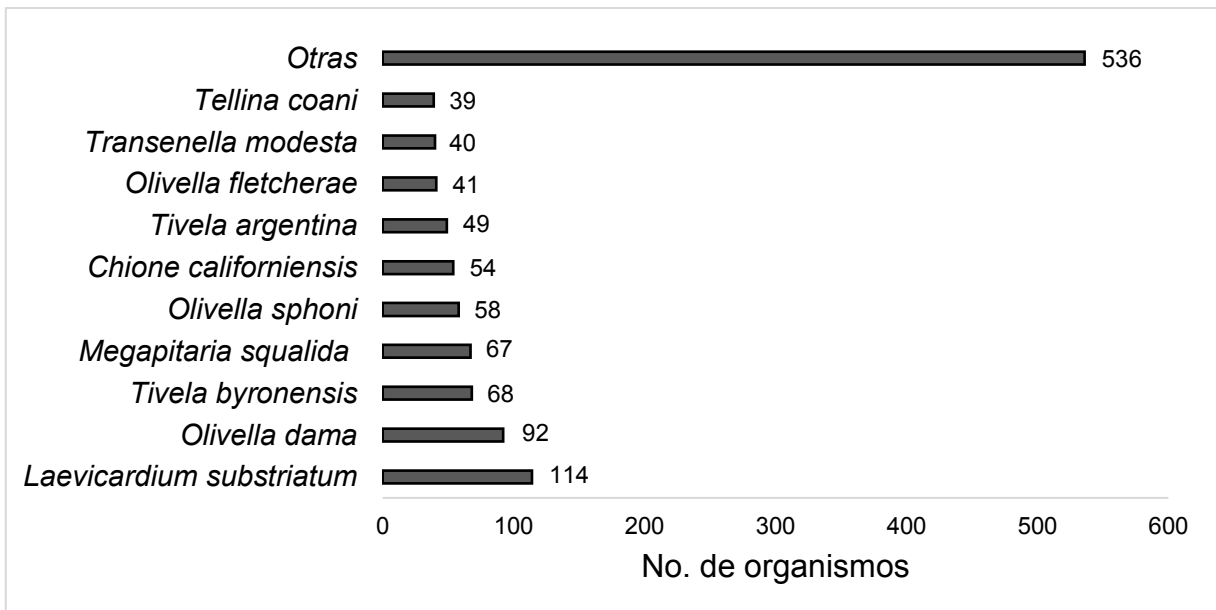


Figura 6. Abundancia total de las especies más representativas de fondos blandos en el estero de la isla San José.

El valor medio de los índices de diversidad de Shannon-Wiener y de equidad de Pielou fueron de 2.0 nits/ind. y 0.8, respectivamente (Figura 7). En las estaciones 5 y 12 se

registrar los valores máximos de diversidad (2.9 nits/ind.), evidentemente en el sitio 5 es donde se presentan la mayor abundancia y riqueza de especies. Sin embargo, los valores de abundancia (30) y riqueza específica (20) en la estación 12 se encuentran distribuidos de forma pareja, indicando que en este sitio existe la mayor equidad. En la estación 13 no se expresan valores de diversidad ni equitatividad, debido a la presencia de un solo organismo (*O. dama*) en este sitio.

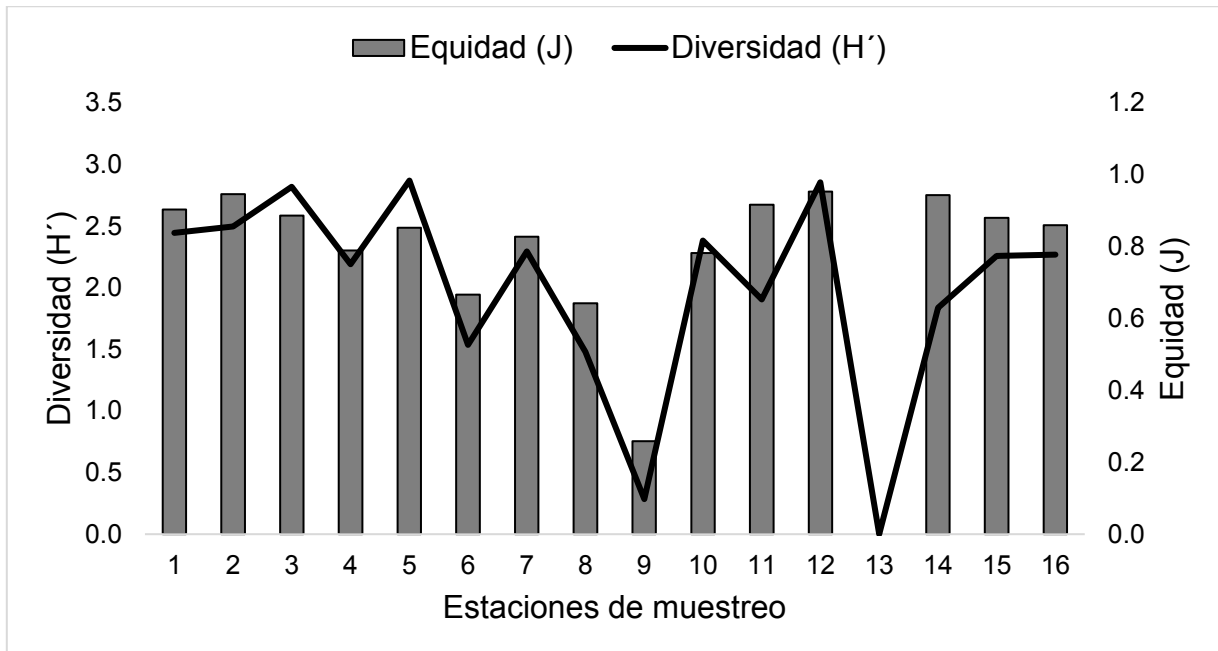


Figura 7. Índices de diversidad y equidad de la comunidad de moluscos de fondos blandos en el estero de la isla San José.

La clasificación ecológica basada en la prueba de Olmstead-Tukey, definió 18 especies dominantes, 5 especies ocasionales, 11 especies constantes y 63 especies raras (Figura 8). Entre las dominantes resaltan *Laevicardium substriatum*, *Olivella dama*, *Tivela byronensis* y *Megapitaria squalida*. En cuanto a las ocasionales, se distinguen el bivalvo *Chama corallina*, los gasterópodos *Olivella sphoni* y *Olivella cymatilis* y los micromoluscos *Strigilla costulifera* y *Tellina eburnea*; que su presencia se atribuye a un ambiente específico. De las especies constantes destacan los macromoluscos *Glycymeris gigantea*, *Anadara tuberculosa*, *Pinctada mazatlanica* y los pectínidos *Argopecten ventricosus* y *Euvola vogdesi*, siendo el tamaño y la movilidad de estos organismos factores que determinen su densidad en una unidad de muestreo.

A su vez la diversidad de especies raras es llamativa, entre ellas sobresalen *Codakia distingueda*, *Modiolus capax*, *Crepidula aculeata* y *Fissurella gemmata*, especies que no corresponden al hábitat del área estudiada.

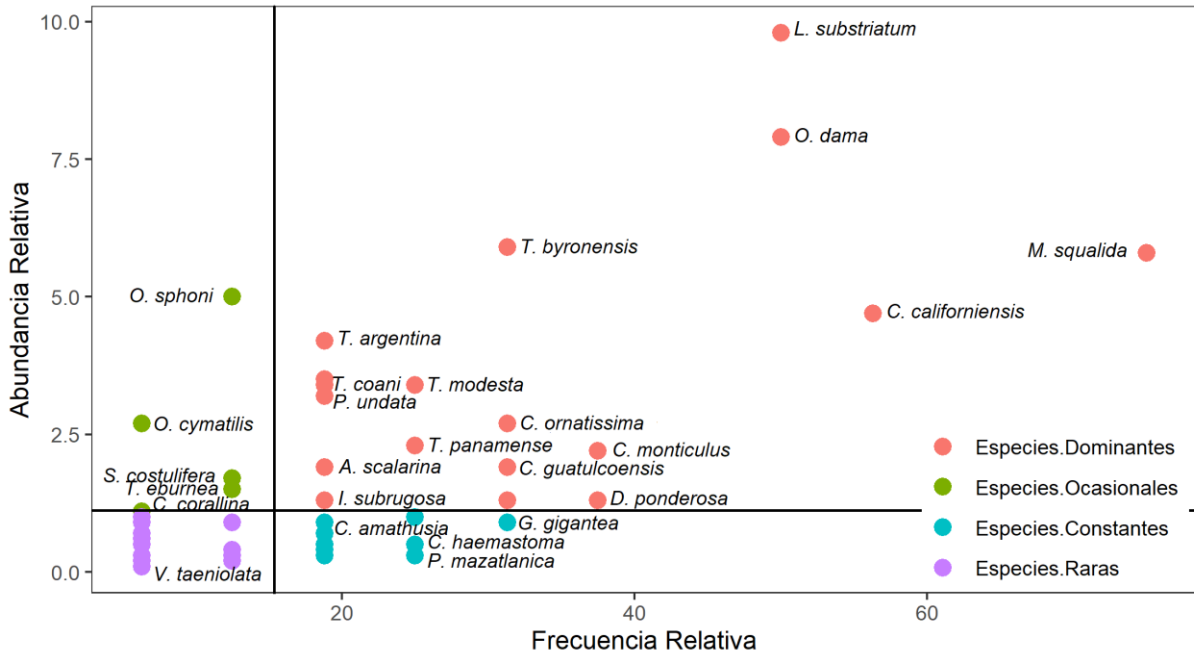


Figura 8. Clasificación ecológica de las especies basada en la prueba de Olmstead-Tukey.

### Coeficiente de similitud

El coeficiente de similitud del índice de Sorensen, agrupado mediante el método de vínculo de Beta flexible ( $\beta = -0.25$ ), estableció una correlación cofenética de 0.72, lo cual permite corroborar la relación entre las interdistancias en el dendograma y las interdistancias en el espacio multidimensional, indicando la certidumbre de las distancias entre los objetos que se clasifican. Se representaron 3 grupos en total (Figura 9).

En el grupo I se muestran 2 subgrupos, formados por las estaciones 5, 7 y 12 y el otro subgrupo por las estaciones 1, 6, 4 y 3. La mayor similitud la presentan las estaciones 5 y 7, con un coeficiente de 0.5. Estos son sitios que comparten varias de las especies, entre ellas algunas dominantes como *Laevicardium substriatum*, *Olivella dama* y *Megapitaria squalida* o constantes como *Argopecten ventricosus* y *Euvola vogdesi*.

Estas especies son recurrentes en la estación 12; con un coeficiente de aproximadamente 0.7. Su disimilitud con las otras dos estaciones se debe a la presencia de especies raras como los macroinvertebrados *Nodipecten subdunosus* y *Laevicardium elatum* y la ausencia de *Laevicardium substriatum*, que probablemente pueda deberse a la dinámica que hay en la boca del canal y laguna del estero; pues la corriente y el movimiento superficial en estos canales se incrementa de manera significativa durante la bajamar en las desembocaduras, con una velocidad que varía de 0.27 a 1.0 m/s (González-Acosta, 2006), limitando el establecimiento de micromoluscos. Por otra parte, en el segundo subgrupo las estaciones 1 y 6 son las de mayor similitud (0.7), resaltando por la presencia de especies abundantes y frecuentes. La diferencia se condiciona por la ausencia de especies entre ellas, algunas dominantes y raras. La relación de estos sitios con las estaciones 4 y 3 se debe a que solo comparten 3 y 2 especies dominantes respectivamente, por ello la similitud es baja.

La similitud en las estaciones 2, 16, 10, 8, 14 y 15, del grupo II se debe a la presencia de *Megapitaria squalida* y *Chione californiensis*. Aunque también se forman 2 subgrupos, uno con las estaciones 8, 14 y 15 y el otro con los sitios 2, 10 y 16, pero la menor disimilitud la representan las estaciones 8 y 14, con un coeficiente de 0.8, debido a la presencia de las especies mencionadas y el bivalvo *Trachycardium panamense*, el cual marca la diferencia con el resto de los sitios. Además, la disimilitud entre estas estaciones puede deberse a la diferencia en el sustrato (grueso-fino) producto de las condiciones que presenta cada sitio (dinámico-estable), condicionando la variación de especies en estas estaciones, demostrando la preferencia de la fauna malacológica a un determinado tipo de sedimento.

En el grupo III se encuentran las estaciones 9, 11 y 13, las cuales no comparten similitud entre ellas. Estas estaciones son las de menor abundancia en la zona de estudio, posiblemente se deba a las características del ambiente. La profundidad que presentan los sitios 9 y 13 son de 0.8 m y 0.9 m respectivamente, que durante la pleamar y bajamar en los ciclos lunares puede alcanzar alturas hasta de 2.1 m, y mínimas de 1.3 m, con un nivel promedio de 1.5 m (Rabadán-Sotelo, 2014), quedando

expuestas a la desecación, obviamente no todos los moluscos son capaces de tolerar tales condiciones. En la estación 9, los gasterópodos *Olivella sphoni* y *Columbella haemastoma* pueden desplazarse sobre la superficie del sustrato y buscar sitios más estables e idóneos; igualmente para la *Olivella dama* en la estación 13. La estación No.11 se ubica dentro del canal, donde la velocidad de la corriente está relacionada directamente con el ciclo de marea (Rabadán-Sotelo, 2014), condicionando un ambiente dinámico, restringiendo la fijación y desarrollo de las especies.

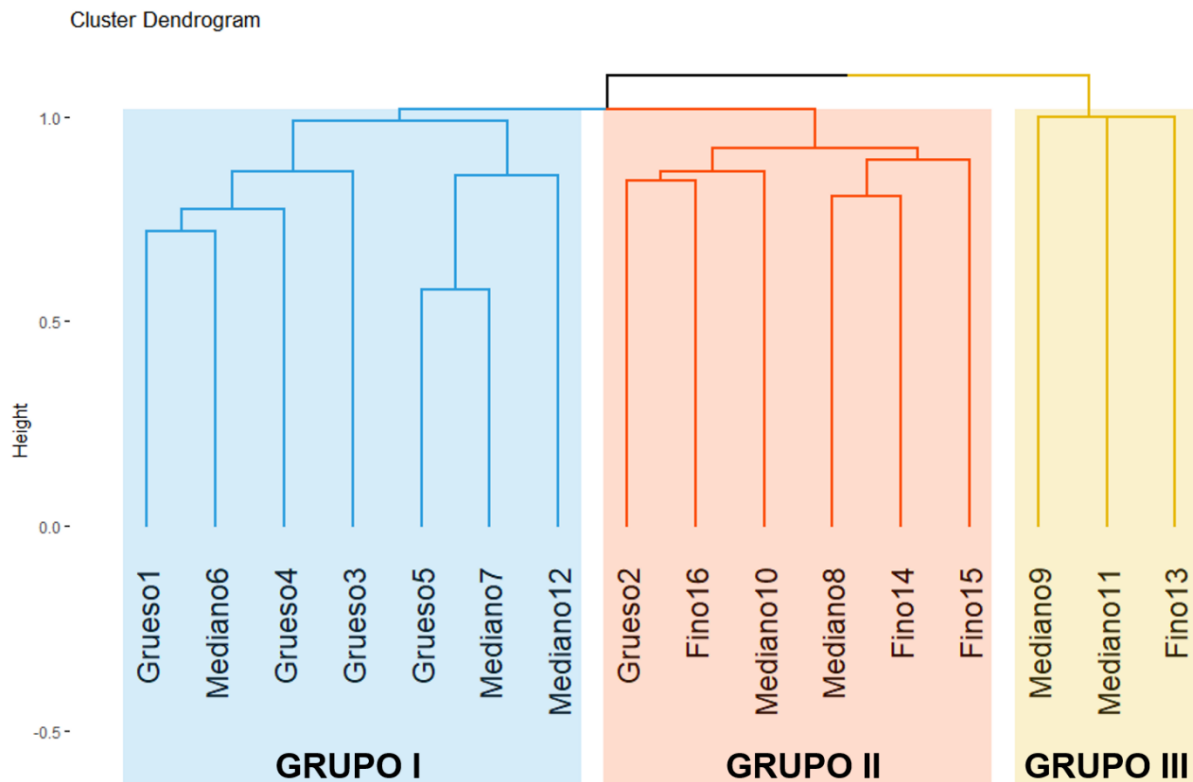


Figura 9. Dendrograma de las estaciones de muestreo en el estero de la isla San José

El análisis de ordenación incluyó las variables ambientales registradas durante el muestreo en el verano del 2015 como el tipo de sedimento, la profundidad y la temperatura; en este caso se excluyó la salinidad ya que la misma no presenta variación en las estaciones (Figura 10). De la comunidad se descartaron las 63 especies raras, dado que estas pudieran ocasionar una influencia significativa en el análisis al ser consideradas indicadoras de características particulares de algún ecosistema, limitando la correcta representación del diagrama.

En el gráfico de la Figura 10, se representa la profundidad asociada a las estaciones 7, 8, 14 y 15, las cuales son los sitios de mayor profundidad en el área de estudio. La variable de temperatura permanece constante en los 12 primeros sitios, agrupando casi todas las especies a este vector. Igualmente también están relacionadas a las arenas gruesas y medias, aunque algunas especies se enlacen por su mayor abundancia a un sitio en específico, por ejemplo *Olivella fletcheriae* a las estaciones 7 y 8. A su vez, en las estaciones dentro de la laguna predominan las arenas finas, sin embargo, los sitios 15 y 16 están más afines, debido a la presencia de algunas especies vinculadas a estas características ambientales, entre ellas la *Chama corallina*, *Tellina coani*, *Tellina eburnea* y *Strigilla costulifera*. En cambio, especies abundantes y frecuentes como los bivalvos *Laevicardium substriatum* y *Megapitaria squalida*, no se muestran asociadas a un parámetro ambiental o tipo de sedimento en particular, infiriendo que su distribución en el área de estudio no está limitada a alguno de los factores ambientales medidos durante el muestreo. La manera como se establecieron las especies de esta comunidad explicaría la preferencia y relación de estos organismos bentónicos con un tipo de sedimento en específico.



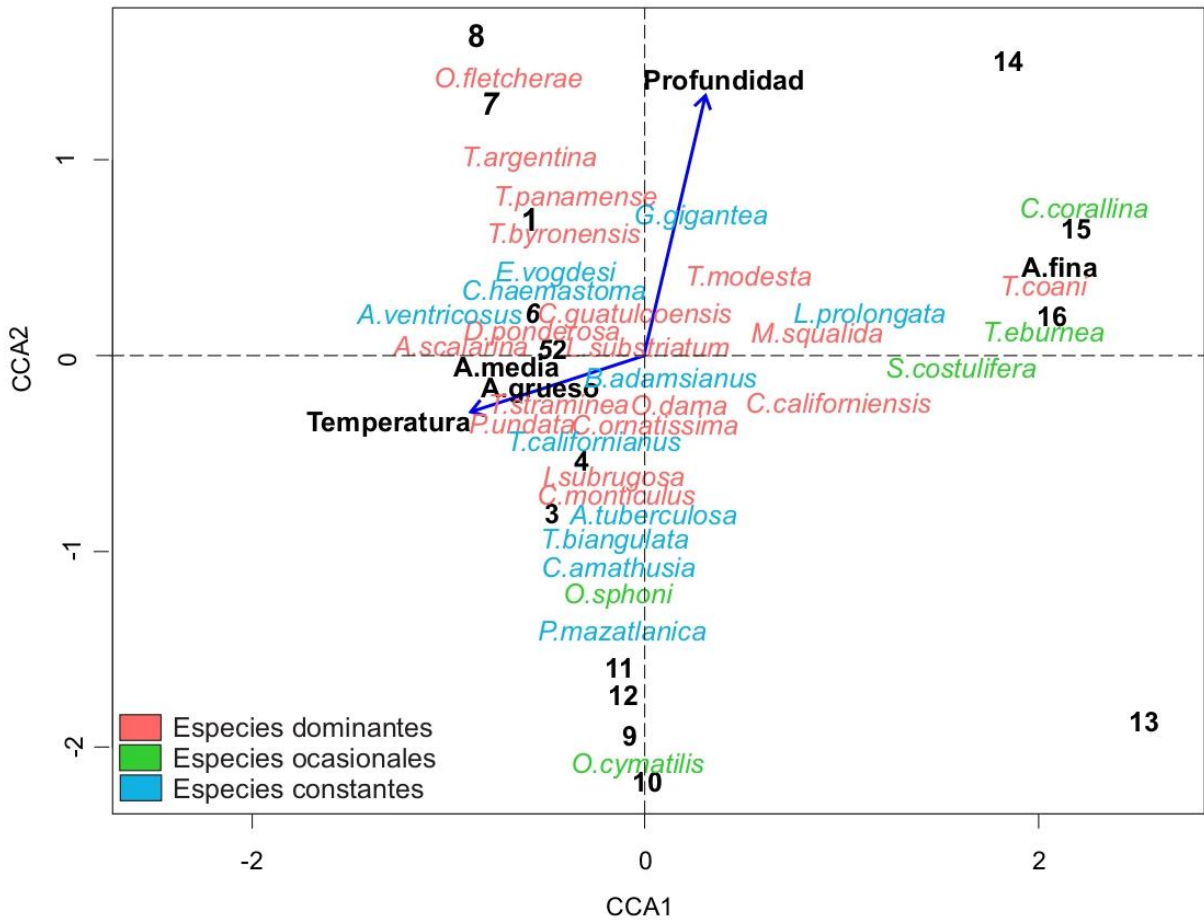


Figura 10. Diagrama del análisis canónico de correspondencia del estero de la isla San José.

### Curva de acumulación de especies

Referente al inventario de especies y considerando que no existen estudios sobre la fauna malacológica en este sitio, arbitrariamente se seleccionaron 16 unidades de muestreo. Para construir y describir la curva de acumulación de especies, basada en la ecuación de Clench se discriminaron las especies raras, ya que podían describir un hábitat en particular (Figura 11).

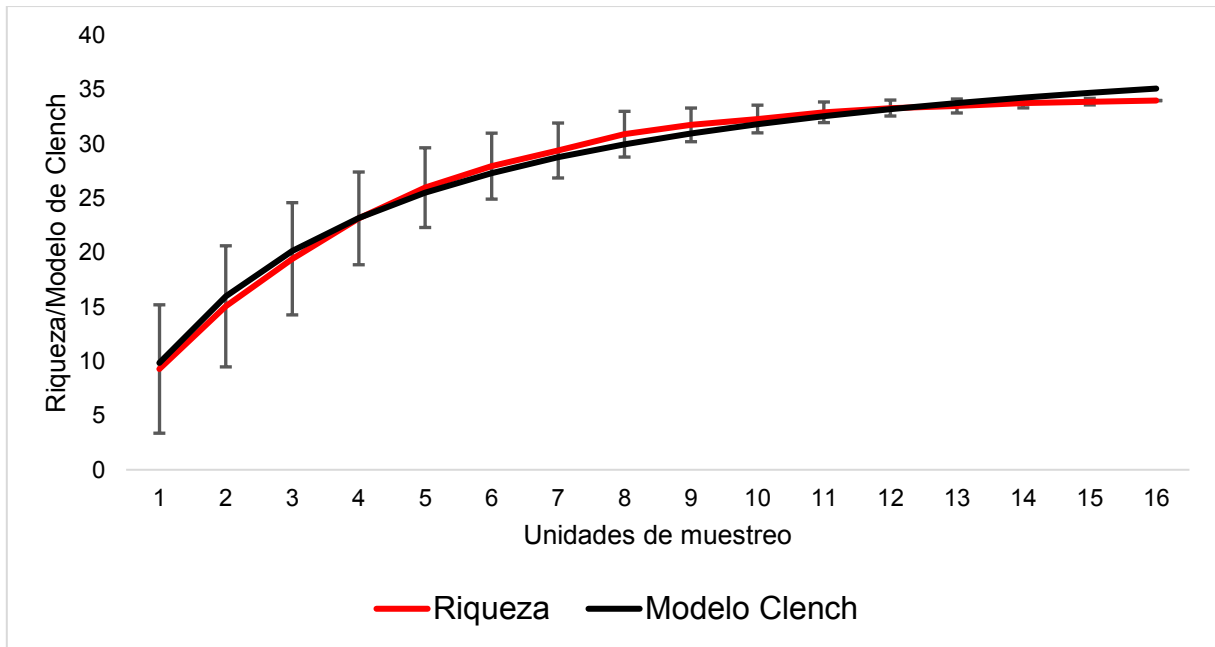


Figura 11. Curva de acumulación de especies adaptado al modelo de Clench en el estero de la isla San José.

La figura 11 representa que el esfuerzo de muestreo empleado registró un 80.7 % de la fauna, con una pendiente de 2.19. Al respecto Jiménez-Valverde & Hortal (2003), menciona que el valor de la pendiente menor a 0.1 indica un inventario bastante completo y altamente fiable, a pesar de no cumplirse para el área de estudio, la proporción de la fauna registrada estima la calidad del inventario, considerando que los valores superiores al 70 %, la riqueza asíntótica se hace cada vez más estable.

## DISCUSIÓN

### **Composición de la comunidad malacológica de fondos blandos**

Los moluscos son un grupo diverso de hábitos y hábitats diferentes. Sin embargo, en las lagunas litorales tropicales alcanzan su máxima diversidad y función (Baqueiro-Cárdenas *et al.*, 2007). La comunidad de moluscos del estero de la isla San José se distribuyen en aguas someras con fondos arenosos. Este tipo de ambiente es capaz de soportar una abundante y heterogénea macrofauna de organismos bentónicos (Brown y McLachlan, 1990; Nepote-González, 2002). Con 80.7 % de la fauna registrada y considerando la zona de estudio como un sitio relativamente pequeño respecto a las islas del golfo, la riqueza específica es superior a los valores de riqueza reportados con el mismo método de muestreo en localidades del golfo de California como Cabo Pulmo (84), isla San Francisco (80), isla San José (58), isla Santa Cruz (44), isla Santa Catalina (65), Punta Chivato (86) y bahía de los Ángeles (91) (Halfar & Tripp Quezada, 2008; Tripp-quezada *et al.*, 2011, 2014, 2018). Únicamente estos valores son superados por las islas Cerralvo (Vázquez-Vega & Tripp-Quezada, 2013) y Espíritu Santo (Bosch-Callar, 2018). Cabe señalar que la variabilidad en la riqueza puede estar condicionada por la metodología y el esfuerzo de muestreo empleados (Solís-Marín *et al.*, 1997), determinadas además por la topografía, características texturales del sedimento, la producción de materia orgánica la biomasa y la dinámica litoral (Hall, 1994; Nepote-Gonzalez, 2002).

La morfodinámica de la zona intermareal constituye, en el contexto de la ecología de playas de arena, el factor clave explicativo de la distribución y densidad de la macrofauna intermareal (Mclachlan *et al.*, 1993; Brazeiro *et al.*, 1998). La morfodinámica está asociada a una serie de variables físicas altamente correlacionadas: tipo de sedimento, pendiente de la playa, tipo de oleaje y clima de marea, que afectan la estructura de la comunidad que habita la zona intermareal (Brazeiro, 2001; Nepote-Gonzalez, 2002). Los fondos blandos o sedimentarios están formados por partículas sueltas, pudiendo ser éstas de diferente origen y tamaño (cascajo, gravas, arenas gruesas, arenas finas, arenas fangosas, fangos). Por lo tanto; el tamaño del grano del sedimento es una medida de la cantidad de energía en el

medio; a menor movimiento del agua, las partículas que sedimentan son más finas y a la inversa; además que su tamaño determina la cantidad de oxígeno y materia orgánica que logra difundirse hacia el interior del sedimento (Tait, 1971). Por ende, este elemento es fundamental en la distribución de las especies en la estructura de la comunidad del estero. En general, las playas de fondos blandos soportan una macrofauna diversa y abundante que es dominada por crustáceos, bivalvos y poliquetos (Brown y McLachlan, 1990; Nepote-Gonzalez, 2002), explicando por qué el 66 % de la fauna malacológica encontrada sean bivalvos.

Por consiguiente, el predominio de arenas gruesas y el intercambio de nutrientes generados por las pleamares y bajamares ocasionan que la estación 5 presente la mayor abundancia y riqueza específica en el área de estudio. La presencia de 228 organismos pudiera considerarse una densidad elevada para un metro cuadrado, sin embargo, los moluscos son capaces de formar asentamientos gregarios y mantener ciertas interacciones con los individuos que componen la comunidad (Tait, 1971), formando parte de la infauna y la epifauna. Un ejemplo de ello resalta con un alto valor de abundancia el bivalvo *Laevicardium substriatum* que habita en el interior del sustrato y el gasterópodo epibentónico *Olivella dama* respectivamente. El peculiar tamaño de estos organismos; con tallas que oscilan entre los 20 mm y 28 mm (Keen, 1971; Coan *et al.*, 2000) favorece la presencia de un elevado número de ejemplares. Además, la influencia del aporte de materia orgánica en suspensión constituye un estímulo para el asentamiento de los organismos durante su etapa larvaria, pues es probable que el recubrimiento del sustrato por bacterias establezca una analogía para las larvas recién llegadas y en efecto un soporte atractivo para otras larvas (Tait, 1971). En consecuencia, los individuos de una comunidad dependen de otros organismos para su alimentación, teniendo en cuenta dicho planteamiento se puede inferir que la presencia de un abundante número de *Olivella dama* ejerza un control sobre la composición de la comunidad. Esta especie presenta hábitos depredadores sobre pequeños crustáceos, bivalvos y foraminíferos, pudiendo seleccionar distintos tipos de presa de acuerdo con su calidad energética (tamaño y componentes nutricionales (Marcus & Marcus, 1959; Bandel, 1984; Torres-Palacio, 2008).

A diferencia de otros organismos de mayor biomasa; como *Chione californiensis*, *Dosinia ponderosa*, *Megapitaria squalida* y *Glycymeris gigantea* que habitan en el interior del sustrato, presentan una menor densidad para una unidad de muestreo. Igualmente destacan, pero en menor abundancia especies epibentónicas como los pectínidos *Argopecten ventricosus* y *Euvola vogdesi*, con tallas máximas de aproximadamente entre 50 mm y 100 mm respectivamente (Keen, 1971) o los gasterópodos *Anachis scalarina* y *Olivella fletcheri* de menor tamaño, que poseen la condición de trasladarse a los sitios más idóneos y de mayor alimento. También resaltan organismos sésiles característicos de sustratos rocosos como el gasterópodo *Crucibulum monticulus* y los bivalvos *Pinctada mazatlanica* y *Brachiodontes adamsianus*; que, durante su etapa larvaria previamente de realizar un examen selectivo del sustrato, muy pocas larvas logran sobrevivir sino encuentran un soporte adecuado para su desarrollo y las que logran fijarse se adhieren a granos de arenas o restos de conchas. De tal manera que los dos últimos bivalvos mencionados muestren muy poca abundancia, presentando solo 4 individuos de cada especie distribuidos en las arenas gruesas y medias. Al respecto, Tait (1971) refiere que el tamaño de la partícula de arena, la capa de materiales orgánicos y bacterias en la superficie de los granos de sedimento son los factores más importantes en la selección del sustrato.

### **Estructura comunitaria de la malacofauna de fondos blandos**

De las especies de mayor dominancia coinciden algunas de las que reporta Halfar & Tripp Quezada (2008) en la parte externa norte y sur del estero, entre ellas los bivalvos *Megapitaria squalida*, *Chione californiensis*, *Tivela byronensis*, *Trachycardium panamense* y *Dosinia ponderosa*, esta última con menor abundancia dentro del estero. La presencia de estos organismos y juveniles de la almeja *Megapitaria squalida* en la boca norte del estero indican la estabilidad estructural de la comunidad malacológica en la zona de estudio, que durante un periodo de 7 años no existió ninguna perturbación que la modificara, además de que pudiese considerarse una zona de reclutamiento de esta especie. Aunque en este mismo sitio, Halfar & Tripp Quezada (2008), también reporta ejemplares vivos de *Lucina undatoides*, documentada por

Keen (1971) para esta misma localidad como una especie rara en el golfo de California, que en el presente estudio no se registró ningún individuo de esta especie.

Sin embargo, Halfar & Tripp Quezada (2008) también indica la presencia de una especie dominante, *Glycymeris gigantea*. En este estudio sí varió su abundancia y frecuencia de aparición, clasificándose como una especie constante. Posiblemente se debe a que haya sido desplazada por una de las especies dominantes; aunque las poblaciones de este bivalvo han disminuido en los últimos tiempos (Tripp-Quezada, comunicación personal).

El estero de la isla San José es una formación geológicamente reciente, modificada constantemente por la dinámica litoral y eventos climatológicos (tormentas y huracanes). Los cambios que experimenta el ambiente físico conllevan a que se produzcan también cambios en la composición de las especies en el ecosistema a través del tiempo. Esta modificación de la comunidad biótica podría justificar que el 65 % de las especies inventariadas correspondan a especies raras. La sucesión evolutiva consiste en la sustitución de una especie por otra mejor adaptada a las dinámicas del entorno en un plazo de miles de años; y la sustitución de una especie en el espacio se produce a causa de la competencia, denominándose sucesión ecológica (Margalef, 1977). A medida que las condiciones del ecosistema se vuelven favorable, las especies colonizadoras van siendo desplazadas por un grupo de especies mejor adaptados al hábitat, con mayor éxito reproductivo y ciclo de vida más prolongado. Muchas de las especies raras no corresponden al hábitat en cuestión o no logran aprovechar la ventaja selectiva de esquivar la competencia en una determinada actividad, por lo que quedan desplazada por la comunidad de moluscos de fondos blandos, con mejores capacidades adaptativas. Entre las especies raras se tienen: *Papyridea crockeri*, *Codakia distingueda*, *Chama mexicana*, *Atrina maura*, *Megapitaria aurantiaca*, *Modiolus capax*, *Fisurella gemmata*, *Diodora inaequalis*, *Crepidula aculeata*, *Crucibulum spinosum*, *Conus scalaris*, *Cerithium stercusmuscarum*, entre otras; típicas de ambientes rocosos, inmediaciones de corales u otros entornos (Keen, 1971; Halfar *et al.*, 2004).

## Relación entre la estructura comunitaria y las variables ambientales

El tamaño de las partículas de sedimento son un factor determinante en la distribución de la infauna, debido a que las características fisiológicas y anatómicas de varios organismos es especializada (Tait, 1971). Los resultados obtenidos en el estero de la isla San José; la abundancia y frecuencia de aparición de un diverso número de especies, demuestran la afinidad que presentan los organismos a un determinado tipo de sedimento. El análisis canónico de correspondencia (Figura 10), muestra cómo se agrupan las especies en las estaciones donde predominan las arenas gruesas y medias. Según Méndez-Ubach *et al.* (1985) considera que los sedimentos de arenas gruesas presentan formas más diversas que los sedimentos de partículas más finas, producto al flujo de energía disipada en cada ambiente, generando heterogeneidad en el sustrato. Este tipo de sedimento presentan mayor porosidad entre los granos de arena, a su vez, condiciona la renovación del agua intersticial rica en microorganismos; confiriéndole una abundante oferta alimentaria a la comunidad bentónica, a diferencia de los sedimentos finos (Tripp-quezada *et al.*, 2018). Dicho planteamiento, demuestra la relación y preferencia de estos organismos a este tipo de sedimento. Mas, sin embargo, los micromoluscos del estero presentan mayor abundancia en las arenas finas, pues se ubican en la zona de mayor estabilidad en el estero, favoreciendo su fijación y crecimiento, entre ellas *Tellina coani*, *Tellina eburnea* y *Strigilla costulifera*; las dos últimas clasificadas como especies ocasionales. También resalta la almeja chocolata (*Megapitaria squalida*), que, aunque es la especie más frecuente, presenta una mayor abundancia en el sitio más oriental de la laguna del estero (estación 16); este bivalvo se caracteriza por ser más abundante en fondos someros y sedimentos de arenosos gruesos o finos, con rangos de energía de baja a muy alta (Baqueiro, 1979; Singh *et al.*, 1991; Cárdenas & Aranda, 2003; Vázquez Hurtado *et al.*, 2010).

Otras especies ocasionales que destacan son los gasterópodos *Olivella sphoni* y *Olivella cymatilis*, que curiosamente, donde se encuentra una no coincide con ninguna otra especie del mismo género. Posiblemente sean especies con hábitos alimenticios similares a la *Olivella dama* (carnívoros) (Marcus & Marcus, 1959; Bandel, 1984; Torres-Palacio, 2008); pues en ecosistemas geológicamente jóvenes existen

poblaciones con nichos muy especializados y los individuos con mayor tolerancia tienen más posibilidad de sobrevivir; a medida que aumenta el desarrollo de un ecosistema, aumentan las coacciones negativas, sobre todo la competencia (Margalef, 1977).

Otra especie atípica al área de estudio es la *Chama corallina*, clasificada como ocasional. Las especies de la familia Chamidae generalmente habitan adheridas a rocas sueltas de tamaño mediano en la zona mesolitoral inferior y muy cercanas a los corales (Galeana-Rebolledo *et al.*, 2012; Landa-Jaime *et al.*, 2013). Sin embargo; esta especie se encontró con un total de 13 ejemplares exclusivamente en la estación 15, dicho sitio se caracteriza por ser estable, con predominio de arenas finas. Se observó, que esta especie se fijó a valvas de especies muertas, construyendo colonias entre ellas mismas (Figura 12).



Figura 12. Conglomerados de *Chama corallina* fijados a una valva de un organismo muerto.

A modo de conclusión, la fauna malacológica en el estero de la isla San José está directamente relacionada con el tipo de sustrato, particularmente en arenas de gruesas



a finas. Las variables registradas de temperatura, profundidad y salinidad no constituyen un factor limitante en la distribución de las especies en el área de estudio. Además, estas condiciones son propicias para la fijación y establecimiento de juveniles de almeja chocolata, infiriendo que sea un indicador de que el estero forme una zona de reclutamiento de esta especie de importancia comercial.

### **Especies indicadoras del ambiente**

Desde el punto de vista ambiental y de gestión, la zona costera tiene tres funciones prácticas fundamentales: proveer servicios ecológicos, prevenir desastres y permitir que la sociedad la use a su disfrute (Isobe, 1998). Los estuarios y las lagunas costeras son especialmente sensibles a las modificaciones climáticas (transporte y acumulación de material sedimentario por los huracanes) y antropogénicas (dragados, construcción de marinas y diques) estos ecosistemas a través del tiempo soportan modificaciones paulatinas en sus características geomorfológicas, hídricas y biológicas. Sin embargo, el impacto de las actividades humanas tales como la segmentación de los hábitats, la contaminación ambiental y la sobreexplotación de los recursos junto a los efectos del cambio climático, han ocasionado alteraciones sobre dichos ecosistemas en cortos periodos, lo que frecuentemente impide que los organismos se adapten a esas modificaciones y como consecuencia tienden a ser desplazadas por otras especies o desaparecer (Saupe *et al.*, 2014). Por lo anterior, el presente estudio además de realizar el inventario de especies y su estructura es fundamental seleccionar algunas de ellas como bioindicadores de referencia a posibles cambios tanto en la comunidad de moluscos como en el ambiente del estero de la isla San José.

A partir de las definiciones y criterios descritos por Holt & Miller (2011) en la Tabla 2., se pueden reportar para el área de estudio dos especies indicadoras de posibles cambios en el ambiente, *Megapitaria squalida* y *Chione californiensis*.

El bivalvo *Megapitaria squalida* o comúnmente conocido como almeja chocolata se distribuye desde Laguna Ojo de Liebre en Baja California Sur, México, hasta Macora, Perú (Keen, 1971; Baqueiro & Stuardo 1977; Escobedo-Fregoso, 2006). Es considerada como el segundo molusco bivalvo de mayor abundancia en Baja

California Sur (B.C.S), el mismo representa un recurso importante para la economía de los pescadores, que pese a su bajo valor comercial y alta demanda, se captura durante todo el año, resultando como una alternativa cuando las principales especies comerciales no están disponibles por las restricciones del esfuerzo pesquero (Arellano-Martínez *et al.*, 2006; López-Rocha *et al.*, 2010; Vázquez Hurtado *et al.*, 2010). Aunque en los últimos tiempos han diezmando las poblaciones producto de la captura excesiva (López-Rocha *et al.*, 2010), que normalmente estos organismos tienden a presentar una densidad de 1-16 x m<sup>2</sup> (Escobedo-Fregoso, 2006). El ciclo reproductivo de la especie presenta dos temporadas de desove, aunque está en función del área geográfica, pues la producción de gametos depende de factores exógenos (temperatura, fotoperiodo, disponibilidad de alimento) y endógenos (genéticos u hormonales) (Ropes, 1968; Cruz & Villalobos, 1993).

Generalmente habita lagunas costeras y esteros, con aguas poco profundas y fondos arenosos o lodosos (Vázquez Hurtado *et al.*, 2010). Su hábitat natural, se caracteriza por ser sensibles a cambios en el ambiente, debido a contaminantes de diversos orígenes como herbicidas, pesticidas, materia orgánica, exceso de nutrientes, metales pesados, etc. (Sepúlveda, 2018). Los bivalvos se alimentan filtrando micropartículas suspendidas en la columna de agua (Navarro & Thompson, 1995; Sepúlveda, 2018), pudiendo acumular toxinas en sus tejidos. Por ello; se ha reportado la *Megapitaria squalida* como organismos “centinela” o bio-indicadores para el monitoreo de contaminantes, principalmente de metales pesados (Escobedo-Fregoso, 2006; Sepúlveda, 2018; Sandoval-Rivera, 2018; Yee-Duarte *et al.*, 2017; Sepúlveda *et al.*, 2020).

La almeja *Chione californiensis*, perteneciente al género *Chione*, de acuerdo con Keen (1971), incluye 6 subgéneros, con 40 especies vivientes. La distribución actual comprende aguas templadas y subtropicales del Atlántico occidental y el Pacífico oriental abarcando la provincia Panámica (Roopnarine, 1996; Licon-Chavez *et al.*, 2007). Específicamente esta especie habita desde la zona intermareal hasta profundidades de 69 m, y el tipo de sustrato sobre el que habita es bastante variable (Keen, 1971). Dicha especie presenta adaptaciones reproductivas exitosas, con una

tasa de reproducción constante durante todo el año, solamente las bajas temperaturas disminuyen la intensidad de los desoves (Flores-Pérez, 2017). Los registros más antiguos que se tienen de *C. californiensis* datan del Plioceno tardío hace 2.4 Ma, época en la cual el Golfo de California ya tenía su configuración actual (Gastil *et al.*, 1979; Licona-Chavez *et al.*, 2007). La almeja roñosa, como se conoce comúnmente, es considerada como un recurso potencial, pesquero y de cultivo, formando parte de la pesca tradicional en las costas del Golfo de California, principalmente para consumo local (Holguín, 1976; Baqueiro, 1987). Varias especies del género, incluida la misma *C. californiensis*, se han utilizado como bioindicadores de contaminación antropogénica en las zonas costeras (Méndez-Rodríguez *et al.*, 2007; Páez-Osuna & Osuna-Martínez, 2011).

## CONCLUSIONES

La mayor abundancia de especies se agrupa en las estaciones donde prevalecen las arenas gruesas y medias. En las estaciones con arenas finas abundan las especies ocasionales características de medios estables.

Se registraron 1158 organismos, el orden Venerida fue el más abundante de la clase Bivalvia y el orden Neogastropoda de la clase Gasteropoda. Las familias con mayor abundancia fueron Veneridae y Olividae, dentro de las clases Bivalvia y Gasteropoda, respectivamente.

Del análisis de los sedimentos, las clases texturales identificadas fueron: arenas gruesas, arenas medias y arenas finas, predominando en el estero las arenas medias en 7 sitios de muestreo. El tamaño del grano de sedimento está determinado por la dinámica litoral que presenta cada sitio, principalmente por la influencia de los vientos del suroeste y noroeste.

En la estación 5 se encontró la mayor abundancia y riqueza específica debido a que su ubicación en la boca norte del estero favorece el intercambio de nutrientes, generado por las pleamares y bajamares.

Los resultados de los índices de Shannon-Wiener y Pielou indicaron que las estaciones 5 y 12 fueron las de mayor diversidad y equidad, lo cual se debe a que la proporción de los valores de abundancia y riqueza son elevados y equitativos.

Las especies dominantes fueron los bivalvos *Laevicardium substriatum* y *Megapitaria squalida*, con la mayor abundancia y frecuencia de aparición, respectivamente. En cuanto a la clase Gastropoda una de las especies dominantes fue *Olivella dama*. Estas especies tienen mayor adaptabilidad a las condiciones del área de estudio, entre ellas diferentes tamaños de grano en las arenas.

De acuerdo con la prueba de Olmstead-Tukey, el 65 % de las especies inventariadas resultaron ser raras, indicando una sucesión ecológica en el estero, causada por la constante dinámica litoral desde su formación geológica.

Las estaciones 5 y 7 fueron las de mayor similitud, debido a que comparten la mayoría de las especies, aunque sus condiciones de sedimento y estructura no coincidan.

Se reportan los pelecípodos *Megapitaria squalida* y *Chione californiensis* como posibles especies indicadoras de cambios en el ambiente, debido a los antecedentes que las señalan como especies centinelas y su importancia comercial como recursos pesqueros.

## RECOMENDACIONES

En este estudio la presencia de un 65 % de especies raras demuestran que a medida que fue creciendo el inventario se dificulta capturar especies nuevas. Se recomienda repetir el mismo estudio con más unidades de muestreo (aproximadamente 61), para alcanzar estadísticamente una proporción del 95 % de la fauna y cuantificar posibles modificaciones en la fauna malacológica del estero en los últimos cinco años y tener una mejor representación de la misma.

La almeja chocolata (*M. squalida*) es una especie de elevada abundancia, frecuencia de aparición y presencia de juveniles podrían indicar una posible zona de reclutamiento de este importante recurso pesquero en el área. Por lo que sería recomendable evaluar si las condiciones son idóneas para la implementación de la acuicultura y/o el establecimiento de un refugio pesquero.

Durante el muestreo se observaron en la línea de costa depósitos acumulados de conchas del bivalvo *Glycymeris gigantea*, lo que podría indicar una alta mortalidad de la misma. Esta especie proviene del Pleistoceno tardío, capaz de resistir cambios significativos en la temperatura. Sin embargo, en la última década la temperatura superficial del mar ha aumentado drásticamente, disminuyendo la capacidad de aclimatación y adaptación de los organismos. Por lo tanto, se recomienda hacer un estudio para evaluar el efecto del cambio climático en las poblaciones de esta especie.

## LITERATURA CITADA

- Abbott, R. T. & S. P. Dance. 1982. Compendium of seashells. EP Dutton. Inc., New York, 411.
- Abbott, R. T. 1974. *American Seashells; The Marine Molluska of the Atlantic and Pacific Coasts of North America* (No. Edn 2). Van Nostrand Reinhold.
- Aburto-Oropeza, O. & C. López-Sagástegui. 2006. Red de reservas marinas del Golfo de California: Una compilación de los esfuerzos de conservación.
- Anderson, M.J. 2003. Analysis of Ecological Communities. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 289: 303–305.
- Arellano-Martínez, M., M.F. Quiñones-Arreola, B.P. Ceballos-Vázquez & M. Villalejo-Fuerte. 2006. Reproductive pattern of the squalid callista *Megapitaria squalida* from northwestern Mexico. *Journal of Shellfish Research* 25: 849–855.
- Bandel, K. 1984. The radulae of Caribbean and other Megastropoda and Neogastropoda. Universität Erlangen-Nürnberg.
- Baqueiro, C.E. & J. Stuardo. 1977. Observaciones sobre la biología, ecología y explotación de *Megapitaria auriantica* (Sow, 1835), *Megapitaria squalida* (Sow, 1835) y *Dosinia ponderosa* (Gray, 1838) (Bivalvia: veneridae) de la Bahía de zihuatanejo e isla Ixtapa, Gro., México. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, 41161-208.
- Baqueiro, E. 1987. Historia, presente y futuro del cultivo de bivalvos en México. En: Memorias 111 Reunión Nacional de Malacología y Conquiología, México, pp. 458-467.
- Baqueiro-Cárdenas, E.R., L. Borabe, C.G. Goldaracena-Islas & J. Rodríguez-Navarro. 2007. Los moluscos y la contaminación. Una revisión. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78: 1–7.
- Baqueiro, E. 1979. Sobre la distribución de *Megapitaria aurantiaca* (Sowerby), *M. squalida* (Sowerby) y *Dosinia ponderosa* (Gray) en relación a la granulometría del sedimento (bivalvia: veneridae): nota científica. *An Centro Cienc del Mar y Limol Univ Natl Autón México* 6: 25–32.
- Barjau-González, E. 2011. Estructura comunitaria y diversidad taxonómica de los peces en la bahía de la paz y la isla San José, Golfo de California. 149.

- Bosch-Callar, A. 2018. Diversidad de la comunidad de los moluscos de fondos blandos del archipiélago Espíritu Santo, golfo De California, México. 59.
- Bourillón-Moreno, L., A. C. Díaz-Barriga, F. Ecardi-Ambrosi, E. Lira-Fernández, J. Ramírez-Ruíz, E. Velarde-González y A. Zavala-González. 1991. Islas del Golfo de California. Secretaria de Gobernación y Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 292 p.
- Brazeiro, A. 2001. Relationship between species richness and morphodynamics in sandy beaches: What are the underlying factors? *Marine Ecology Progress Series* 224: 35–44.
- Brazeiro, A., N. Rozbaczylo & J.M. Fariña. 1998. Distribución espacial de la macrofauna en una playa expuesta de Chile central: Efectos de la morfodinámica intermareal. *Investigaciones Marinas* 26: 119–126.
- Brown, A. C., & A. McLachlan. 1990. Ecology of Sandy Shores Elsevier Press.
- Cámara de Diputados, H. Congreso de la Unión LXII Legislatura. 2013. Constitución Política. En Gaceta Oficial.
- Cámara de Diputados, Mesa Directiva LXII Legislatura. 2013. Ley General de Bienes Nacionales. En Gaceta Oficial.
- Cárdenas, E.B. & D.A. Aranda. 2003. Patrones en la biología poblacional de moluscos de importancia comercial en México. *Revista de Biología Tropical* 51: 97–107.
- Carmona Piña, L.R. 2007. Riqueza específica , distribución y abundancia de aves terrestres y marinas en Isla San José , Golfo de California , Baja California Sur , México.
- Carreño, A.L. & Helenes, J. 2002. Geology and Ages of the Islands. In: Case, T.J., M.L. EN: Cody, Ezcurrae. (eds.) A new Island Biogeography of the Sea of Cortez. Oxford, University Press. 14-40.
- Castillo-Rodríguez, Z.G. 2014. Biodiversity of marine mollusks in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 419–430.
- Coan, E. V & P. Valentich. 2012. *Bivalve seashells of tropical West America: marine bivalve mollusks from Baja California to Northern Peru*. Museum of Natural History.
- Coan, E., P. Valentich Scott & F.R. Bernard. 2000. Bivalve Seashells of Western North America. *Santa Barbara Museum of Natural History Monographs* 1: 764.



- Cruz, R. & C. Villalobos. 1993. Shell length at sexual maturity and spawning cycle of *Mytelle guyanensis* (Bivalvia: Mytilidae) from Costa Rica. *Revista de biología tropical* 41: 89–92.
- El Economista. 2019. Concreta Amero compra de isla San José, en Baja California.
- Escobedo-Fregoso, C. 2006. Evaluación de la síntesis de metalotioneinas inducidas por Cadmio en la almeja *Megapitaria squalida* de Bahía La Paz, B.C.S. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.
- Feinsinger, P. 2004. El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad –The Nature Conservancy Fundación amigos de la Naturaleza, FAN, Edit. FAN. La Paz - Bolivia. pp 241.
- Flessa, K.W., A.H. Cutler & K.H. Meldahl. 1993. Time and taphonomy: Quantitative estimates of time-averaging and stratigraphic disorder in a shallow marine habitat. *Paleobiology* 19: 266–286.
- Flores-Pérez, A. 2017. Biología reproductiva de la almeja roñosa, *Chione californiensis* (Broderip, 1835) en bahía Magdalena, B. C. S., México,.
- Folk, R.L. 1974. Petrologie of sedimentary rocks. *Hemphill Publishing Company, Austin* 182.
- Galeana-Rebolledo, L., R. Flores-Garza, C. Torreblanca-Ramírez, S. García-Ibáñez, P. Flores-Rodríguez & V.I. López-Rojas. 2012. Biocenosis de Bivalvia y polyplacophora del intermareal rocoso en playa Tlacopanocha, Acapulco, Guerrero, México. *Latin American Journal of Aquatic Research* 40: 943–954.
- García de León, F.J., M. Canonne, E. Quillet, F. Bonhomme & B. Chatain. 1998. The application of microsatellite markers to breeding programmes in the sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture* 159: 303–316.
- Gastil, G., D. Krummenacher & J. Minch. 1979. The record of Cenozoic volcanism around the Gulf of California. *Bulletin of the Geological Society of America* 90: 839–857.
- González-Acosta, A., G. De la Cruz-Agüero, J. De la Cruz-Agüero & G. Ruiz-Campos. 2005. Seasonal pattern of the fish assemblage of El Conchalito mangrove swamp, La Paz Bay, Baja California Sur, Mexico. *Seasonal pattern of the fish assemblage of El Conchalito mangrove swamp, La Paz Bay, Baja California Sur, Mexico* 15:

205–214.

- González Acosta, A.F. 1998. Ecología de la comunidad de peces asociada al manglar del Estero El Conchalito, Ensenada de La Paz, Baja California Sur, México. 138.
- González-Acosta, A.F. 2006. Ecología de un ecosistema de manglar insular en el Golfo de California: el estero de la Isla San José, Baja California Sur (antecedentes biológicos y climáticos). Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. México. 14 p.
- González Zuarth, A., A. Vallarino, J.C. Pérez Jiménez & A. Low Pfeng. 2014. Bioindicadores.
- Hall, S. J. 1994. Physical disturbance and marine benthic communities: life in unconsolidated sediments. *Oceanography and Marine Biology: an annual review*, 32: 179-239.
- Halfar, J., J.C. Ingle & L. Godinez-Orta. 2004. Modern non-tropical mixed carbonate-siliciclastic sediments and environments of the southwestern Gulf of California, Mexico. *Sedimentary Geology* 165: 93–115.
- Halfar, J. & A. Tripp Quezada. 2008. Comunidades de moluscos asociados a ambientes de carbonatos modernos en el Golfo de California. 1–166.
- Heink, U. & I. Kowarik. 2010. What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning. *Ecological Indicators* 10: 584–593.
- Hendrickx, M.E. & R.C. Brusca. 2005. Cap. 15. Mollusca. pp. 195-310. En: M.E. Hendrickx, y R.C. Brusca (eds.). Listado y distribución de la macrofauna del golfo de California, México.
- Hetzinger, S. 2003. Acoustic mapping and sedimentology of Recent non-tropical carbonates in the Isla San Jose area, southwestern Gulf of California, Mexico. Diplomarbeit. Institut für Geologie und Paläontologie, Universität Stuttgart. Alemania. 79 p.
- Hetzinger, S., J. Halfar, B. Riegl & L. Godinez-Orta. 2006. Sedimentology and acoustic mapping of modern rhodolith facies on a non-tropical carbonate shelf (Gulf of California, Mexico). *Journal of Sedimentary Research* 76: 670–682.
- Holguín-Quiñones, O. 1976. Catálogo de especies marinas de importancia comercial en Baja California Sur. Subs. Pesca. México. INP, 177 pp.

- Holguín-Quiñones, O. E., E.F. Félix Pico, I. Sánchez. 2001. Informe Final del Proyecto Estudio sobre la composición, estructura y función de las comunidades marinas litorales de la Isla San José, Baja California Sur: Fase II, con apoyo económico de la CGPI-990300. Período octubre de 2000 y finalizó en junio de 2001. 256 pp.
- Holguín Quiñones, O.E., F. de J. González Medina, F. Solís Marín & E.F. Félix Pico. 2008. Variación espacio-temporal de scleractinia, gorgonacea, gastropoda, bivalvia, cephalopoda, asteroidea, echinoidea y holothuroidea, de fondos someros de la isla san José, Golfo de California. *Revista de Biología Tropical* 56: 1189–1199.
- Holt, E.A. & S.W. Miller. 2011. Bioindicators: Using Organisms to Measure Environmental Impacts | Learn Science at Scitable. *Nature Education Knowledge* 3: 8.
- Isobe, M. 1998. Toward Integrated Coastal Zone Management in Japan. *ESENA Workshop*8.
- Jiménez-Valverde, A. & J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología* 8, 31–XII: 151–161.
- Keen, A. M. 1971. Sea shells of tropical west America. Marine mollusks from Baja California to Peru. (2ª edición) Stanford University Press, Stanford, 1065 p.
- Landa-Jaime, V., E. Michel-Morfín, J. Arciniega-Flores, S. Castillo-Vargasmachuca & M. Saucedo-Lozano. 2013. Moluscos asociados al arrecife coralino de Tenacatita, Jalisco, en el Pacífico central mexicano. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84: 1121–1136.
- Licona-Chavez, A., F. Correa-Sandoval, J. De la Rosa-Velez & F. Camarena-Rosales. 2007. Genetic and morphometric analysis of *Chione californiensis* and *C. subimbricata* (Bivalvia: Veneridae) from the Mexican East Pacific and Gulf of California. *Ciencias Marinas* 33: 149–171.
- López-Rocha, J.A., B.P. Ceballos-Vázquez, F.A. García-Domínguez, M. Arellano-Martínez, M. Villalejo-Fuerte & A.K. Romo-Piñera. 2010. La pesquería de la Almeja Chocolate *Megapitaria squalida* (Bivalvia: Veneridae) en Baja California sur,

- México. *Hidrobiologica* 20: 230–237.
- Magurran, A. E. 1991. Ecological diversity and its measurement. 179 pp. Chapman and Hall, London.
- Marcus, E. & E. Marcus, 1959. Studies on Olividae. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo. Zoologia*, 22(22), 99-187.
- Margalef, R. 1977. Ecología (No. 84-320-6443-2. FT 02-D9.). Barcelona: Omega.
- Mclachlan, A., E. Jaramillo, T.E. Donn & F. Wessels. 1993. Geographical Comparison Communities and their Control by the Physical Environment: A Geographical Comparison. *Journal of coastal research* 15: 27–38.
- Méndez-Rodríguez, L., S. Gardner, B. Acosta-Vargas, N. López-Esquerr & S.T. Álvarez-Castañeda. 2007. Concentración de metales pesados en almeja roñosa *Chione californiensis* (Broderip) en la porción norte de Bahía Magdalena.
- Méndez-Ubach, N., V. Sous-Weiss & A. Carranza-Edwards. 1985. La importancia de la granulometría en la distribución de organismos bentónicos. Estudio de playas del estado de Veracruz, México. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*.
- Morris P.A. 1966. A field Guide to Shells of the Pacific Coast and Hawaii including Shells of the Gulf of California. Second Edition. 297 pp. Houghton Mifflin Company, Boston.
- Navarro, J.M. & R.J. Thompson. 1995. Seasonal fluctuations in the size spectra, biochemical composition and nutritive value of the seston available to a suspension-feeding bivalve in a subarctic environment. *Marine Ecology Progress Series* 125: 95–106.
- Nepote-Gonzalez, A.C. 2002. Relación de la infauna con las características del sedimento en planicies de marea del Alto Golfo de California. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.
- Páez-Osuna, F. & C. Osuna-Martínez. 2011. Biomonitors of coastal pollution with reference to the situation in the Mexican coasts: A review on the utilization of organisms. *Hidrobiologica* 21: 229–238.
- Pielou, E. C. 1975. Ecological diversity (No. 574.524018 P5).
- Rabadán-Sotelo, J.A. 2014. "Caracterización ictiológica del estero de la isla San José,

- Golfo de California.” Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Rohlf, F.J. & R.R. Sokal. 1981. Comparing Numerical Taxonomic Studies. *Systematic Biology* 30: 459–490.
- Roopnarine, P.D. 1996. Systematics, biogeography and extinction of chionine bivalves (Bivalvia: Veneridae) in tropical America: Early oligocene-recent. *Malacologia* 38: 103–142.
- Ropes, J.W. 1968. Reproductive cycle in the surf clam, *Spisula solidissima*, in offshore New Jersey. *Biological Discovery in Woods Hole* 135, No. 2: 349–365.
- Ruiz-Geraldo, G. 2005. Cartografía y Estratigrafía de la Cuenca Punta Colorada de la Isla San José, Baja California Sur, México. *Bachelor Thesis. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, BCS, México.*
- Sandoval-Rivera, P. A., 2018. Evaluación de la presencia del protozoario *Perkinsus* sp. (apicomplexa) en la almeja chocolata *Megapitaria squalida* (Sowerby, 1835) del refugio pesquero en la bahía de Altata, Navolato, Sinaloa. Centro Interdisciplinario de Investigación para el desarrollo integral regional. Guasave, Sinaloa, México.
- Sans-Aguilar, C.A. 2018. *Revista del Centro de Estudios Superiores Navales* 39: 95–126.
- Saupe, E.E., J.R. Hendricks, R.W. Portell, H.J. Dowsett, A. Haywood, S.J. Hunter & B.S. Lieberman. 2014. Macroevolutionary consequences of profound climate change on niche evolution in marine molluscs over the past three million years. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 281: .
- Secretaría de Medio Ambiente & Recursos Naturales (SEMARNAT). 2018. Golfo de California, el acuario del mundo.
- Sepúlveda, C. H. 2018. Contenido de metales pesados (cobre, cromo, cadmio, níquel, plomo, arsénico, zinc y mercurio) en la almeja chocolata (*Megapitaria squalida*) de Bahía Altata, Sinaloa, y el riesgo potencial para la salud humana por su consumo. Centro Interdisciplinario de Investigación para el desarrollo integral regional. Guasave, Sinaloa, México.
- Sepúlveda, C.H., A.M. Góngora-Gómez, S. Pérez-álvarez, H. Rodríguez-González, N.P. Muñoz-Sevilla, B.P. Villanueva-Fonseca, J.A. Hernández-Sepúlveda & M.

- García-Ulloa Gómez. 2020. Trace metals in two wild populations of the squalid callista clam (*Megapitaria squalida*) in the Southeastern Gulf of California, Mexico. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental* 36: 667–676.
- Singh, C. J., J. A. Vélez, & M. C. Fajardo. 1991. Estudio poblacional de la almeja chocolata *Megapitaria squalida* (Sowerby, 1835) en punta Coyote, Bahía de La Paz, BCS, México. *Ciencia Pesquera*, 8, 7-22.
- Skoglund C. 1991. Additions to the Panamic Province. Bivalve (Mollusca) Literature 1971 to 1990. *Festivus* 22: 1-74.
- Sokal, R. R. & F. J. Rohlf. 1969. Biometry. Los principios y prácticas de las estadísticas en investigación biológica. 2da Edición, WH Freeman, San Francisco.
- Solís-Marín, F.A., H. Reyes-Bonilla, M.D. Herrero-Pérezrul, O. Arizpe-Covarrubias & A. Laguarda-Figueras. 1997. Sistemática y distribución de los equinodermos de la Bahía de La Paz. *Ciencias Marinas* 23: 249–263.
- Tait, R. V. 1971. Elementos de Ecología marina: curso preparatorio. Zaragoza. Arencibia.
- Ter Braak, C. J. F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67(5):1167-1179
- Torres-Palacio, D.C. 2008. Ecología de “*Oliva bewleyi*” (Marrat, 1870) (Mollusca: Gastropoda: Olividae) en bahía Concha, Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT), Caribe Colombiano. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Tripp-Quezada, A., J. Borges-Souza & A. Tripp-Valdez. 2011. Biodiversidad de moluscos de fondos arenosos de la Isla Santa Catalina, Golfo de California, México. V Conferencia Internacional de Manejo Integrado de Zonas Costeras (Caricostas 2011).
- Tripp-Quezada, A., A. Tripp-Valdez, M.A. Tripp-Valdez, N. Capetillo Piñar, M. Villalejo-Fuerte, A. Tripp-Quezada, A. Tripp-Valdez, M.A. Tripp-Valdez, N. Capetillo Piñar & M. Villalejo-Fuerte. 2018. Composición y estructura de la comunidad de moluscos de fondos blandos de la isla Santa Cruz, golfo de California, México. *Hidrobiológica* 28: 51–59.
- Tripp-Quezada, A., A. Tripp-Valdez, M. Villalejo-Fuerte, N. Capetillo-Piñar & F. García-Domínguez. 2013. Estructura de la Comunidad de Moluscos de Fondos Blandos

- de la isla San Francisco, golfo de California, México. *El Bohío boletín electrónico* 3: 26–36.
- Tripp-quezada, A., A. Tripp-Valdez, M. Villalejo-Fuerte & F. Garcia-Dominguez. 2014. Composition and community structure of soft bottom mollusks in isla san francisco, golfo de california, mexico. *The Festivus XLV*: 21–25.
- Valenzuela, B.D. 2012. Marco Orientado a Objetos para Cálculos de Similitud.
- Vázquez-Vega, Y.J. & A. Tripp-Quezada. 2013. Isla Cerralvo , Golfo De California , Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.
- Vázquez Hurtado, M., M. Manzano Sarabia & A. Ortega Rubio. 2010. Relación entre las capturas de *Megapitaria squalida* (Bivalvia: Veneridae) y la temperatura superficial del mar en la Bahía de la Paz, Baja California Sur, México. *Revista de Biología Tropical* 59: 151–157.
- World Register of Marine Species. 2020. Disponible en: (<http://marinespecies.org/>).
- Yee-Duarte, J.A., B.P. Ceballos-Vázquez, E. Shumilin, K. Kidd & M. Arellano-Martínez. 2017. Evidence of health impairment of *Megapitaria squalida* (Bivalvia: Veneridae) near the “hot spot” of a mining port, Gulf of California. *Hidrobiologica* 27: 391–398.