



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

**DIVERSIDAD DE MOLUSCOS BENTÓNICOS ASOCIADOS A
VENTILAS HIDROTERMALES E INFILTRACIONES FRÍAS DE LA
CUENCA DE GUAYMAS Y MARGEN DE SONORA, MÉXICO**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

(Biología Marina)

PRESENTA:

IRIS DINORAH GARCÍA TELLO

TUTORA PRINCIPAL:

DRA. ELVA ESCOBAR BRIONES, ICMyL-UNAM

COMITÉ TUTOR:

DRA. ROSA MARÍA PROL LEDESMA, I. GEOFÍSICA-UNAM

DRA. ELISA SERVIERE ZARAGOZA, CIBNOR, S.C

DR. PEDRO LUIS ARDISSON HERRERA, CINVESTAV-IPN

DR. ERNESTO AARÓN CHÁVEZ ORTÍZ, CICIMAR-IPN

ASESORA EXTERNA:

DRA. MARTHA REGUERO REZA, ICMyL-UNAM

MÉXICO, CD. MX., ENERO, 2024



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Diversidad de moluscos bentónicos asociados a ventilas
hidrotermales e infiltraciones frías de la cuenca de Guaymas y
margen de Sonora, México

T E S I S

Que para obtener el grado académico de

Maestra en Ciencias
(Biología Marina)

Presenta

Biól. Iris Dinorah García Tello

Directora de Tesis: Dra. Elva Escobar Briones

Comité Tutorial: Dra. Rosa María Prol Ledesma

Dra. Elisa Serviere Zaragoza

Dr. Pedro Luis Ardisson Herrera

Dr. Ernesto Aarón Chávez Ortiz

Asesora externa: Dra. Martha Reguero Reza

México, Ciudad de México, enero de 2024

DEDICATORIAS

Dedico esta tesis a toda mi familia.

A mis padres por su amor, confianza y apoyo incondicional.

A mis hermanos por su apoyo, cariño y motivación.

A Edgar por su amor, apoyo y por ser mi mano derecha.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Elva Escobar Briones por su paciencia y dedicación. Por el tiempo y espacio que me proporcionó en su laboratorio y fuera de él, por sus comentarios, apoyo y consejos.

A los miembros del comité tutorial, por sus valiosos comentarios, revisiones y apoyo en todo el proceso.

A mis amigos que agradezco infinitamente sigan presentes en mi vida.

Al Dr. Paul Valentich-Scott, Dra. Amelie Scheltema por su apoyo en la identificación y validación de los micromoluscos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada para la dedicación de los estudios de posgrado.

Al Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología por su valiosa ayuda en los trámites y comprensión a lo largo de estos años.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron con la realización de esta tesis, mis más sinceros agradecimientos.

CONTENIDO

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN.....	2
ANTECEDENTES	5
JUSTIFICACIÓN	6
OBJETIVOS	7
HIPÓTESIS	7
ÁREA DE ESTUDIO	8
MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
Sitios y estaciones de muestreo	9
Trabajo de laboratorio y gabinete	13
Análisis de datos.....	15
RESULTADOS.....	17
Composición específica	17
Densidad y riqueza de especies.....	25
Diversidad	31
Similitud en la composición faunística entre hábitats.....	34
Variables ambientales	37
DISCUSIÓN	39
Composición específica.....	39
Densidad y riqueza de especies.....	39
Diversidad	40

Similitud en la composición faunística entre hábitats.....	41
Variables ambientales	42
CONCLUSIONES.....	44
LITERATURA CITADA.....	46
ANEXOS	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio y ubicación de los sitios muestreados (puntos amarillos y naranjas) A) Hábitat de Infiltraciones frías ubicadas en el margen de Sonora, B) Hábitat de Ventilias hidrotermales ubicadas en la Cuenca de Guaymas (Tomado de Portail <i>et al.</i> , 2015).	11
Figura 2. Histograma de la composición relativa de especies de moluscos para cada hábitat quimiosintético y la planicie abisal (basado en los valores promedio de densidad (ind/m ²))... ..	20
Figura 3. Histogramas de la composición relativa de especies de moluscos para cada hábitat de infiltraciones en los horizontes de profundidad 0-1 cm y 1-3 cm del sedimento (basado en los valores promedio de densidad (ind/m ²))... ..	22
Figura 4. Histogramas de la composición relativa de especies de moluscos para cada hábitat de infiltraciones en los horizontes de profundidad 3-5 cm y 5-10 cm del sedimento (basado en los valores promedio de densidad (ind/m ²))... ..	23
Figura 5. Histogramas de la composición relativa de especies de moluscos para cada hábitat de infiltraciones en los horizontes de profundidad 10-15 cm y 15-20 cm del sedimento (basado en los valores promedio de densidad (ind/m ²))... ..	24
Figura 6. Histogramas de la composición relativa de especies de moluscos para cada hábitat de ventilias en los distintos horizontes de profundidad del sedimento (basado en los valores promedio de densidad (ind/m ²)).....	25
Figura 7. MDS de similitud entre los hábitats quimiosintéticos y la planicie abisal, basado en la composición de especies y densidades	34
Figura 8. Dendrogramas de similitud entre los hábitats quimiosintéticos y la planicie abisal por horizonte de profundidad (0-1 cm, 1-3 cm y 3-5 cm) en el sedimento blando, basado en la composición de especies y densidades.....	35
Figura 9. Dendrogramas de similitud entre los hábitats quimiosintéticos por horizonte de profundidad (5-10 cm y 10-15 cm) en el sedimento blando, basado en la composición de especies y densidades... ..	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas geográficas de los sitios y estaciones de muestreo, así como los hábitats reconocidos...	12
Tabla 2. Valores de temperatura, metano y ácido sulfhídrico analizados en los distintos hábitats de infiltraciones frías, ventilas hidrotermales y planicie abisal (int: 0-2 cm, máx: 10 cm).	14
Tabla 3. Lista sistemática de los moluscos identificados en los ecosistemas de ventilas hidrotermales de la cuenca de Guaymas e infiltraciones frías del margen de Sonora, México.	18
Tabla 4. Composición de la comunidad de moluscos (expresada en términos de densidad: ind/m ²) de los hábitats quimiosintéticos de la cuenca de Guaymas y el margen de Sonora y la planicie abisal.	27
Tabla 5. Valores promedio (\bar{x}) y desviación estándar (σ) de la densidad (ind/m ²) de los moluscos de los hábitats de infiltraciones frías del margen de Sonora, ventilas hidrotermales de la cuenca de Guaymas y planicie abisal por nivel de profundidad en el sedimento.	28
Tabla 6. Valores promedio (\bar{x}) y desviación estándar (σ) de la riqueza de especies de los moluscos de los hábitats de infiltraciones frías del margen de Sonora, ventilas hidrotermales de la cuenca de Guaymas y planicie abisal por nivel de profundidad en el sedimento.	28
Tabla 7. Valores promedio de riqueza de especies (S) y densidad promedio (ind/m ²), para los hábitats quimiosintéticos de tapete microbiano y vesicómidos <i>A. gigas</i> de infiltraciones y ventilas y la planicie abisal.	31
Tabla 8. Valores promedio de riqueza de especies (S), densidad promedio (ind/m ²), diversidad ($H' \log_2$) y equidad (J') para los hábitats quimiosintéticos y la planicie abisal.	32
Tabla 9. Valores promedio de riqueza de especies (S), densidad promedio (ind/m ²), diversidad ($H' \log_2$) y equidad (J') para los hábitats quimiosintéticos y la planicie abisal por horizonte de profundidad en el sedimento.	33
Tabla 10. Clasificación de los hábitats de infiltraciones, hábitats de ventilas y planicie abisal, basado en las concentraciones de compuestos reducidos registrados en el sedimento de la cuenca de Guaymas y el margen de Sonora.	38
Tabla 11. Diversidad de moluscos bentónicos en fondos blandos de los hábitats quimiosintéticos de infiltraciones frías y ventilas hidrotermales entre 1,500 y 2,000 metros de profundidad.	41

RESUMEN

irisgarciatello@gmail.com

La diversidad de moluscos bentónicos de fondos blandos de los hábitats quimiosintéticos de la cuenca de Guaymas y del margen de Sonora, fue estudiada considerando la planicie abisal como sitio de referencia. Las muestras se recolectaron mediante cuatro inmersiones en las ventilas hidrotermales de la cuenca de Guaymas, siete inmersiones en infiltraciones frías del margen de Sonora, y una inmersión en la planicie abisal. La profundidad varió de 1,561 m en el margen de Sonora a 2,012 m en la porción sur de la cuenca de Guaymas. Para todos los sitios se recolectaron muestras de sedimento mediante un nucleador de 6 cm de diámetro (28.3 cm² de área) y 20 cm de profundidad. El material recolectado fue seccionado en estratos de: 0-1 cm, 1-3 cm, 3-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm y 15-20 cm. Un total de 288 individuos, pertenecientes a 4 especies, 7 morfoespecies, 7 géneros y 9 familias fueron determinados, de los cuales el 58% (168 individuos) fueron organismos con concha y cuerpo blando y el 42% (120 individuos) conchas vacías. La composición y riqueza de especies de los moluscos de fondos blandos en infiltraciones frías estuvo representada por cuatro clases (Gastropoda, Bivalvia, Caudofoveata y Solenogastres), de dos clases (Gastropoda y Bivalvia) en ventilas hidrotermales, mientras que en el hábitat abisal inmediato se reconoció solamente una clase (Solenogastres). La abundancia de moluscos fue de 264 individuos (61% bivalvos, 38% gasterópodos, 1% solenogastres y caudofoveados) en infiltraciones frías, de 23 individuos (87% gasterópodos y 13% bivalvos) en ventilas hidrotermales y sólo un individuo perteneciente a la clase Solenogastres en la planicie abisal. En ambos ecosistemas quimiosintéticos, los mayores valores de abundancia se registraron en el hábitat de vesicómidos *Archivesica gigas* y con la menor profundidad (0-1 cm) al interior del sedimento, y con los valores más bajos a mayor profundidad (15-20 cm) al interior del sedimento. La relación de la malacofauna con las variables ambientales, presencia de metano y bajas temperaturas en infiltraciones frías se reflejan en mayor riqueza de especies y abundancia. La temperatura elevada y ácido sulfhídrico en ventilas hidrotermales, afectaron reduciendo la riqueza y abundancia de los moluscos. Este estudio concluye que la composición y riqueza de especies de moluscos bentónicos de fondos blandos es compartida entre la planicie abisal y algunos de los hábitats quimiosintéticos, aunque su abundancia difiere.

INTRODUCCIÓN

Los océanos cubren el 71% de la superficie de la Tierra (361,300,000 km²). De esta superficie más del 50% (208,640,000 km²) presenta profundidades mayores a 200 m, y es a partir de dicha profundidad a la cual se considera el mar profundo (Snelgrove y Grassle, 2001; Tyler *et al.*, 2003; Ramírez-Llodra *et al.*, 2010).

El mar profundo representa la transición de la plataforma continental al talud continental y se extiende hasta las llanuras abisales (3,000 a 6,000 m) y fosas marinas (~11,000 m) (Gage y Tyler, 1991). Los ecosistemas presentes en el mar profundo se distinguen por la ausencia de luz, una baja temperatura (~4°C) y una presión hidrostática que aumenta conforme la profundidad es mayor (Snelgrove y Grassle, 2001).

Existen ecosistemas en el mar profundo que abarcan grandes extensiones como son las planicies abisales (millones de km², ~40% de la superficie de la Tierra) y las dorsales oceánicas (~65 km de longitud), hasta otros de menor extensión como: cañones y montañas submarinas, arrecifes de coral de profundidad, ventilas hidrotermales e infiltraciones frías (UNEP, 2007). Estos últimos dos ecosistemas fueron descubiertos en 1977 y 1984 respectivamente, y desde su descubrimiento el estudio de las ventilas hidrotermales, así como de las zonas de emisión de fluidos fríos ha ido en incremento (CONANP, 2006; Desbruyères *et al.*, 2006; Van Dover *et al.*, 2011).

Las ventilas hidrotermales y las infiltraciones frías representan dos ecosistemas quimiosintéticos ya que la fuente principal de energía utilizada en ambos ecosistemas proviene de compuestos químicos reducidos como el metano (CH₄) o el ácido sulfhídrico (H₂S), los cuales son sintetizados por microorganismos quimio autótrofos para la producción de materia orgánica (Van Dover, 2000; Van Dover *et al.*, 2011; Levin y Sibuet, 2012).

Las ventilas hidrotermales ocurren a lo largo de las dorsales oceánicas, cuencas aisladas próximas a zonas de subducción y en algunas montañas submarinas activas; en tanto las infiltraciones frías están relacionadas con márgenes continentales activos y pasivos (Sibuet y Olu, 1998; Van Dover, 2000). A pesar de provenir de dos contextos geológicos diferentes, ambos ecosistemas se caracterizan por la emisión de fluidos con propiedades particulares, la presencia de altas concentraciones de compuestos tóxicos, así como una

significante variación temporal de estos fluidos a escalas espaciales pequeñas (<1 m) (Tunnicliffe *et al.*, 2003; Van Dover *et al.*, 2011; Portail *et al.*, 2015).

Además de los microorganismos que fungen como productores primarios de estos ambientes extremos, en ellos se albergan comunidades de macro y meiofauna que se encuentran distribuidas heterogéneamente a lo largo de hábitats definidos por la presencia de especies fundadoras. Entre estas especies se incluyen los siboglínidos, bivalvos vesicómidos, mejillones, alvinélidos y algunas familias de gasterópodos como Provannidae, Lepetodrilidae, Buccinidae (Portail *et al.*, 2015).

A escala global, se ha observado que los ecosistemas de ventilas e infiltraciones presentan un alto grado de endemismo, altas densidades de macro y meiofauna y una baja riqueza taxonómica en comparación con otros ecosistemas no quimiosintéticos (Sibuet y Olu, 1998; Portail *et al.*, 2015). Entre los principales elementos faunísticos que habitan en estos ecosistemas, se incluye gran variedad de vertebrados e invertebrados (Desbruyères *et al.*, 2006; Van Dover *et al.*, 2011), de estos últimos se destacan los moluscos.

El phylum Mollusca está representado por 200,000 especies vivas, sobre el cual se han realizado una amplia variedad de investigaciones, debido a su diversidad, conservación e importancia económica (Ponder y Lindberg, 2008). Su distribución geográfica y batimétrica es muy amplia; si bien la mayoría habita en el ambiente marino, extendiéndose desde el intermareal hasta los océanos más profundos, también están presentes en hábitats terrestres o dulceacuícolas y llegan a presentar adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les permite habitar en ambientes extremos como son las ventilas e infiltraciones (Warén y Bouchet, 2001; Bettencourt *et al.*, 2010; Sasaki *et al.*, 2010). Especies como *Calypptogena magnifica* (Boss y Turner, 1980), *Bathymodiolus thermophilus* (Kenk y Wilson, 1985) y *Tindariopsis grasslei* (Allen, 1993) han sido reportadas en las ventilas hidrotermales de la cuenca de Guaymas (CONANP, 2006). Sin embargo, para especies más conspicuas como son algunos gasterópodos, los registros con los que se cuentan son limitados, de igual forma para grupos menos conocidos como son los monoplacóforos y aplacóforos. De estos últimos, en México sólo se tiene un registro de la familia Neomeniidae en aguas profundas del Pacífico oriental tropical (Keen, 1971; Zamorano *et al.*, 2007).

Los micromoluscos como su nombre lo sugiere, son moluscos de talla pequeña. Algunos autores consideran que son organismos adultos cuyas tallas son inferiores a los 5 mm (Geiger *et al.*, 2007), otros autores consideran que son organismos adultos menores a

los 10 mm incluyendo formas juveniles de especies macroscópicas (García-Cubas, 1969; Coan y Valentich-Scott, 2012). Dentro del grupo de los micromoluscos se incluyen gran parte de los taxones no descritos y para su estudio se requieren técnicas especiales de recolección, manejo y preservación (Sturm *et al.*, 2006). Además, su estudio es importante ya que gran parte de la biodiversidad que falta ser descubierta o descrita es de talla pequeña o microscópica (Bouchet *et al.*, 2002).

Un número escaso de estudios malacológicos se ha llevado a cabo referente a cómo es que los factores bióticos y abióticos afectan a los individuos que habitan en estos ambientes extremos, entre ellos los de Duperron (2010) y Tittensor *et al.* (2011) que mencionan que la mayoría de las especies de batimodiolos albergan simbiontes quimioautótrofos que oxidan el azufre y el metano dentro de su tejido branquial y que la diversidad de moluscos es mayor a profundidades intermedias de la zona batial y disminuye a profundidades abisales. Por otro lado, se ha documentado en algunos taxones de moluscos que existe la especificidad de hábitat tanto para ventilas hidrotermales como para infiltraciones frías (Sasaki *et al.*, 2005; Desbruyères *et al.*, 2006). Otros estudios ecológicos enfocados en la estructura trófica de los moluscos que habitan estos ambientes y aquellos que incluyen a micromoluscos que llegan a habitar estas zonas, son escasos; entre ellos, destacan los trabajos de Van Dover (2002) quien menciona las simbiosis de algunos bivalvos con bacterias y los hábitos generalistas de algunos gasterópodos en términos de preferencias alimentarias, así como Sasaki *et al.* (2005) que reportan seis familias de bivalvos, 14 familias de gasterópodos y ningún registro de caudofoveados y solenogastres para las ventilas e infiltraciones de Japón.

ANTECEDENTES

Los micromoluscos en México han sido pobremente estudiados en el Pacífico oriental tropical, existen estudios acerca de su sistemática y ecología. Los bivalvos y gasterópodos están mejor documentados para la zona intermareal (Garcés Salazar, 2011; García-Tello, 2013; Tapia Díaz, 2018), en comparación con aquellos que habitan el mar profundo.

Otros grupos de micromoluscos como los solenogastres, caudofoveados y monoplacóforos, no han sido estudiados en México; se cuenta con algunos registros derivados de inventarios como el elaborado por Hendrickx *et al.* (2005) para el golfo de California, pero se desconocen trabajos ecológicos o taxonómicos. Mucho de este desconocimiento es por el difícil acceso al hábitat donde este tipo de moluscos se distribuyen ya que en su mayoría habitan a más de 200 metros de profundidad en sedimentos blandos y es reducida la obtención de ejemplares en buen estado (Scheltema y Schander, 2000).

En cuanto a la información sobre la cuenca de Guaymas se tienen estudios sobre normativa ambiental (DOF, 2009), sedimentos (Lonsdale *et al.*, 1980; Bazylnski *et al.*, 1988; Biddle *et al.*, 2012), mineralogía y geoquímica (De La Lanza Espino y Soto, 1999; Paull *et al.*, 2007), química acuática (Campbell y Gieskes, 1984), microbiología (Dhillon *et al.*, 2003; Biddle *et al.*, 2012), genética (Duhaime, 2003), diatomeas (Ramírez-Ortega, 2011), anélidos (Weiss y Hilbig, 1992; Castañón-Barrientos, 2009), anémonas (Escobar-Chicho, 2011), crustáceos (Escobar-Briones *et al.*, 2002) entre otros. Particularmente, los estudios exclusivos sobre la malacofauna en la cuenca de Guaymas se centran en la estructura de tallas de gasterópodos (Galván-Bazán, 2011) y nuevos registros taxonómicos de bivalvos (Allen, 1993), ambos en ventilas hidrotermales.

Recientemente, Portail *et al.* (2015) realizaron un trabajo comparativo de la macrofauna asociada a hábitats de ventilas e infiltraciones de la cuenca de Guaymas y margen de Sonora, reportando la presencia de algunas familias de moluscos bivalvos y gasterópodos entre los macroinvertebrados bentónicos encontrados.

El presente estudio, se suma a los trabajos existentes que comparan la fauna de ventilas e infiltraciones en el mundo; entre ellos, Petrecca y Grassle (1990) reportan al género *Calypptogena* como abundante en ventilas de la dorsal Gorda y la cuenca de Guaymas,

Turnipseed *et al.* (2003) señalan que las relaciones entre la fauna de ventilas e infiltraciones es restringida a nivel de especies y similar a nivel de géneros y familias, Turnipseed *et al.* (2004) encontraron que la riqueza de especies en infiltraciones de Florida es mayor que en ventilas de la dorsal Atlántica y Bernardino *et al.* (2012) sugieren que, altas concentraciones de compuestos químicos reducidos en sedimentos, se relacionan con altas densidades de macrofauna, así como niveles elevados de ácido sulfúrico y metano coinciden con las mayores abundancias de macrofauna en sedimentos. Asimismo, un estudio comparativo exclusivo de moluscos de ventilas e infiltraciones en Japón (Sasaki *et al.*, 2010), donde se encontró una mayor diversidad de gasterópodos que de bivalvos.

JUSTIFICACIÓN

En México, el esfuerzo de estudio sobre la diversidad y la ecología de especies de mar profundo o que habitan en ambientes extremos como las infiltraciones frías se ha centrado en el golfo de México y en el caso de las ventilas hidrotermales en el Pacífico oriental tropical (Escobar-Briones, 2000).

Si bien es sabido que uno de los grupos faunísticos de invertebrados mayormente estudiados son los moluscos, se ha estimado que para algunos grupos en particular se desconoce el 70% de las especies (Ponder y Lindberg, 2008). Mucho del desconocimiento que se tiene reside en que el acceso a hábitats profundos o extremos es costoso y requiere tecnología altamente especializada y personal técnico muy capacitado. Así mismo existe una preferencia por centrarse en la mega y macrofauna, dejando de lado la meiofauna-micromoluscos ($>42 \mu\text{m}$) (Higgins y Thiel, 1988; Giere, 2009), y es en la cual se tendría que enfocar parte de los estudios para continuar develando especies que no se conocen. Desde su descubrimiento a la actualidad, el conocimiento taxonómico que se tiene de los moluscos que habitan estos ambientes particulares, ha ido en aumento; sin embargo, aún no se conoce completamente su biología y ecología (Salvini-Plawen y Öztürk, 2006).

En este estudio se pretende analizar y describir la estructura comunitaria de los moluscos bentónicos en relación con el hábitat en el que viven.

OBJETIVOS

Describir la diversidad de moluscos bentónicos en sedimentos de fondos blandos de los hábitats quimiosintéticos de la cuenca de Guaymas y del margen de Sonora, considerando la planicie abisal como sitio de referencia.

Como objetivos particulares se plantean los siguientes:

1. Describir la composición y riqueza de especies de moluscos de fondos blandos para cada tipo de hábitat quimiosintético y confirmar la diferencia que les confiere la quimiosíntesis con respecto a las condiciones del hábitat abisal inmediato.
2. Conocer la abundancia de moluscos de fondos blandos de los distintos hábitats quimiosintéticos y planicie abisal y confirmar la diferencia que les confiere la quimiosíntesis con respecto a las condiciones del hábitat abisal inmediato.
3. Analizar la similitud faunística de ventilas e infiltraciones en términos de diversidad beta.
4. Analizar las posibles relaciones que tiene la estructura de la malacofauna con las variables ambientales características de los ecosistemas quimiosintéticos: presencia de metano y bajas temperaturas en infiltraciones frías, y temperatura elevada y ácido sulfhídrico en ventilas hidrotermales.
5. Distinguir las especies de moluscos propias de hábitats quimiosintéticos y confirmar la diferencia que les confiere la quimiosíntesis con respecto a las condiciones del hábitat abisal inmediato.

HIPÓTESIS

H1- La composición y riqueza de especies de moluscos bentónicos de fondos blandos difiere entre hábitats quimiosintéticos de ventilas hidrotermales e infiltraciones frías.

H2- La composición y riqueza de especies de moluscos bentónicos de fondos blandos es compartida entre los hábitats quimiosintéticos y la planicie abisal.

ÁREA DE ESTUDIO

El golfo de California es reconocido como uno de los cinco mares más productivos y biológicamente diversos del mundo (Hendrickx *et al.*, 2005). La corteza oceánica está compuesta por nueve cuencas, entre ellas la cuenca de Guaymas (Gieskes *et al.*, 1982). Esta se localiza en la parte central del golfo de California; tiene una longitud de aproximadamente 220 km y una profundidad cercana a los 2,000 m (Figura 1). El agua profunda en las cuencas centrales y sureñas es una intrusión de la masa de agua subsuperficial ecuatorial, caracterizada por una capa de oxígeno mínimo y por concentraciones de oxígeno de 0.2 a 1.0 mL L⁻¹ que se ha encontrado entre 150 y 750 m de profundidad a lo largo del talud continental (Hendrickx *et al.*, 2005).

La cuenca de Guaymas forma parte de un segmento de la cordillera del Pacífico oriental, el cual es un centro de expansión del piso oceánico; por lo tanto, representa un centro activo de expansión del lecho oceánico con ventilas (chimeneas) hidrotérmicas (CONANP, 2006). Además de la actividad hidrotermal que se presenta, una de las particularidades de la cuenca de Guaymas, es la presencia de zonas de emisión de fluidos fríos con contenidos de metano y materia orgánica; a menos de 60 km de distancia, sin una barrera geográfica aparente y a profundidades similares (~2,000 m) (Lonsdale, 1980; Hovland, 2002).

En particular, la cuenca de Guaymas presenta una alta tasa de sedimentación en comparación con la de otros sitios del golfo; el sedimento está compuesto por detritos terrígenos y materia biogénica (Lonsdale, 1980; De la Lanza Espino, 1991).

En cuanto a la topografía general de la cuenca, ésta incluye depósitos hidrotermales los cuales están conformados por montículos, espiras, columnas y pagodas, entre otras estructuras, y su distribución ocurre en terrenos cubiertos por sedimentos finos a través de los cuales se produce la emisión de fluidos hidrotermales cuyas temperaturas pueden rebasar los 50 °C (Soto y Grassle, 1988).

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitios y estaciones de muestreo

Las muestras biológicas provienen de muestreos realizados durante la campaña oceanográfica BIG a bordo del navío "L'Atalante" del Instituto Francés de Investigación para la Explotación del Mar (IFREMER por sus siglas en francés). Las muestras biológicas fueron obtenidas con apoyo del sumergible "Nautile". Esta campaña interdisciplinaria tuvo como objetivo principal el describir y comparar las comunidades microbianas y animales en dos ecosistemas quimiosintéticos de mar profundo.

Mediante una serie de inmersiones prospectivas se identificaron distintos sitios activos de infiltraciones frías y ventilas hidrotermales caracterizados por la presencia de tapetes microbianos, bivalvos vesicómidos, siboglínidos y gasterópodos.

En el margen de Sonora se estudiaron tres sitios activos de infiltraciones frías (Vasconcelos, Ayala y Juárez) y se reconocieron cinco hábitats (Tabla 1).

Sitio Vasconcelos: (1) **Inf_TMicrob** compuesto por tapetes microbianos blancos del género *Beggiatoa*.

(2) **Inf_VesicoA** compuesto por agregaciones del bivalvo vesicómido *Archivesica gigas* (Dall, 1896).

(3) **Inf_TGast** compuesto por tapetes de gasterópodos del género *Hyalogyrina*.

Sitio Ayala: (4) **Inf_VesicoP** compuesto por agregaciones del bivalvo vesicómido *Phreagena kilmeri* (Bernard, 1974).

Sitio Juárez: (5) **Inf_Sibo** compuesto por agregaciones de siboglínidos *Escarpia spicata* (Jones, 1985) y *Lamellibrachia barhami* (Webb, 1969).

En la porción sur de la cuenca de Guaymas, se estudiaron dos sitios activos de ventilas hidrotermales (*Megamat* y *Morelos*); donde se reconocieron dos hábitats (Tabla 1).

Sitio Megamat: (6) **Vent_TMicrob** compuesto por tapetes microbianos blancos del género *Beggiatoa*.

Sitio Morelos: (7) **Vent_VesicoA** compuesto por agregaciones del bivalvo vesicómido *Archivesica gigas* (Dall, 1896).

En cada sitio, las muestras se recolectaron mediante diversas inmersiones, siete inmersiones correspondientes a infiltraciones frías del margen de Sonora (tres en el sitio Vasconcelos, tres en el sitio Juárez, y una en el sitio Ayala-Juárez); cuatro inmersiones en las ventilas hidrotermales de la cuenca de Guaymas (dos en el sitio Megamat y dos en el sitio Morelos) y una inmersión más en la planicie abisal. La profundidad a la cual fueron recolectadas las muestras varió de 1,561 m en el margen de Sonora a 2,012 m en la porción sur de la cuenca de Guaymas y 1850 m de profundidad en la planicie abisal (Tabla 1).

Para todos los sitios se recolectaron muestras de sedimento mediante un nucleador de 6 cm de diámetro (28.3 cm² de área), el cual se introdujo en el sedimento a 20 cm de profundidad. Posteriormente éste fue seccionado en estratos de: 0-1 cm, 1-3 cm, 3-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm y 15-20 cm. Para cada tipo de hábitat reconocido se contó con 2 y hasta 5 réplicas. Todas las muestras de sedimento se fijaron en etanol absoluto, se etiquetaron y se trasladaron al Laboratorio de Biodiversidad y Macroecología del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, de la Universidad Nacional Autónoma de México, para su posterior procesamiento.

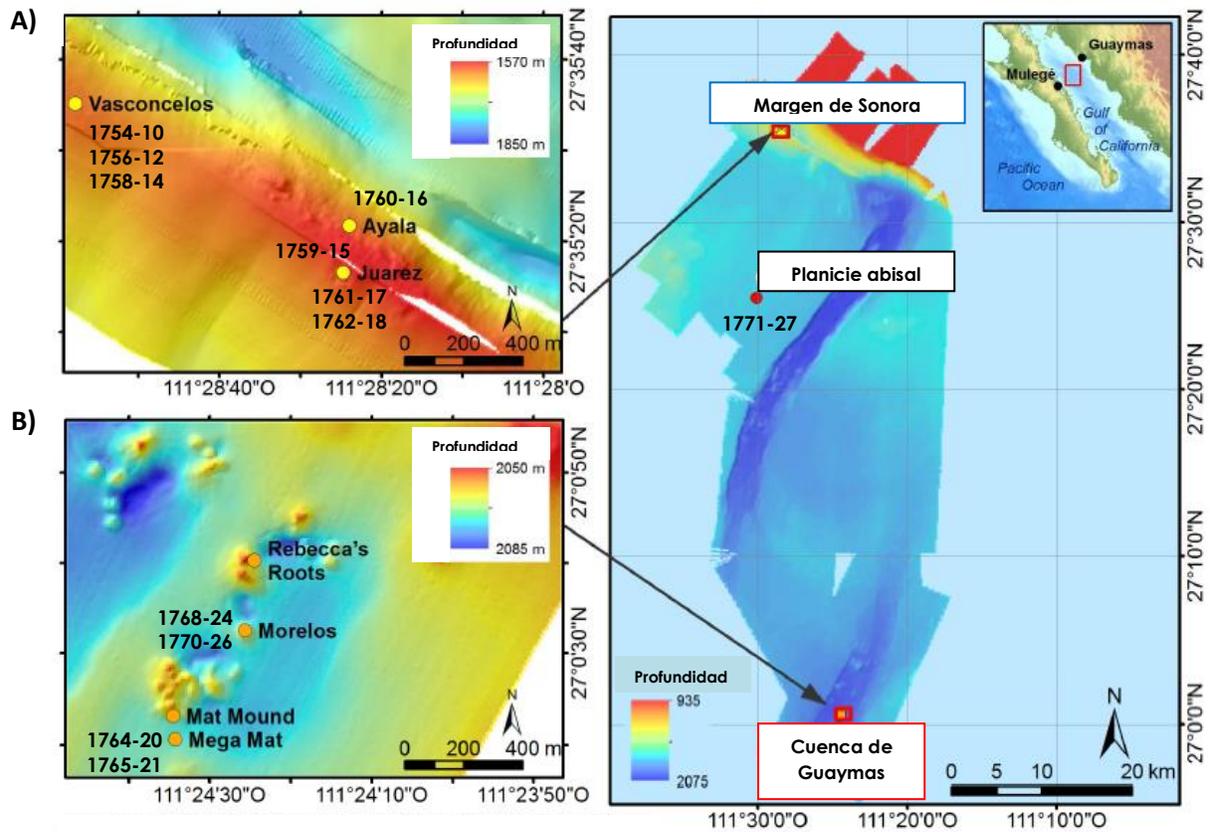


Figura 1. Área de estudio y ubicación de los sitios muestreados (puntos amarillos y naranjas) A) Hábitat de Infiltraciones frías ubicadas en el margen de Sonora. B) Hábitat de Ventilales hidrotermales ubicadas en la Cuenca de Guaymas (Tomado de Portail *et al.*, 2015).

Tabla 1. Coordenadas geográficas de los sitios y estaciones de muestreo, así como los hábitats reconocidos. Infiltraciones frías: Tapete microbiano (**Inf_TMicrob**), Vesicómidos *Archivesica gigas* (**Inf_VesicoA**), Vesicómidos *Phreagena kilmeri* (**Inf_VesicoP**), Siboglínidos (**Inf_Sibo**), Tapete gasterópodo (**Inf_TGast**). Ventilales hidrotermales: Tapete microbiano (**Vent_TMicrob**), Vesicómidos *Archivesica gigas* (**Vent_VesicoA**). Planicie abisal: Lodo abisal (**PA_Lodo**).

Estación	Latitud (°N)	Longitud (°W)	Fecha	Profundidad (m)	Hábitat	Sitio	Ecosistema
1754-10	27 35.580	111 28.986	15-jun-10	1576	Inf_TMicrob	Vasconcelos	Infiltraciones
1756-12	27 35.587	111 28.963	17-jun-10	1576	Inf_VesicoA	Vasconcelos	Infiltraciones
1758-14	27 35.583	111 28.982	19-jun-10	1576	Inf_TMicrob y Inf_TGast	Vasconcelos	Infiltraciones
1759-15	27 35.372	111 28.400	20-jun-10	1561	Inf_VesicoP y Inf_Sibo	Ayala y Juárez	Infiltraciones
1760-16	27 35.365	111 28.395	21-jun-10	1561	Inf_VesicoP	Ayala	Infiltraciones
1761-17	27 35.273	111 28.407	22-jun-10	1562	Inf_Sibo	Juárez	Infiltraciones
1762-18	27 35.273	111 28.407	23-jun-10	1562	Inf_Sibo	Juárez	Infiltraciones
1764-20	27 00.445	111 24.530	27-jun-10	2012	Vent_TMicrob	Megamat	Ventilas
1765-21	27 00.445	111 24.530	28-jun-10	2012	Vent_TMicrob	Megamat	Ventilas
1768-24	27 00.547	111 24.424	01-jul-10	2007	Vent_VesicoA	Morelos	Ventilas
1770-26	27 00.547	111 24.424	04-jul-10	2007	Vent_VesicoA	Morelos	Ventilas
1771-27	27 25.483	111 30.076	05-jul-10	1850	PA_Lodo	Referencia	Planicie abisal

Trabajo de laboratorio y gabinete

En el laboratorio de Biodiversidad y Macroecología del ICML se tamizaron las muestras de sedimento de cada uno de los niveles, utilizando tamices de 42 μm de abertura de malla. Ya tamizadas las muestras, se separó la fauna en grandes grupos taxonómicos, entre ellos: foraminíferos, copépodos, nematodos, poliquetos, isópodos y moluscos. Los organismos de cada taxón se depositaron en viales con etanol al 70% y se etiquetaron con la siguiente información: nombre de la campaña, fecha de recolección, número de inmersión y estrato.

Para identificar la composición y riqueza de especies de los moluscos, se separó la malacofauna en diferentes clases (gasterópodos, bivalvos, caudofoveados y solenogastres) con la ayuda de un microscopio estereoscópico marca Zeiss Stemi DV4 de 25 aumentos. La determinación taxonómica se llevó a cabo tomando en cuenta solamente la morfología de la concha (en el caso de sólo contar con esta estructura) y se complementó con la anatomía interna de las partes blandas para fines de identificación solamente cuando se contó con ella. Se consultó literatura especializada que incluye descripciones originales de especies, catálogos, revisiones taxonómicas y nuevos registros (Grassle, 1989; Warén y Bouchet, 1986; Warén y Bouchet, 1989; Warén y Ponder, 1991; Warén y Bouchet, 1993; Warén y Bouchet, 2001; Coan y Valentich-Scott, 2012). Además, se contó con la asesoría de expertos malacólogos. Para los caudofoveados y solenogastres se consultó a la Dra. Scheltema† del Woods Hole Oceanographic Institution y al Dr. Valentich-Scott del Santa Barbara Museum of Natural History en el caso de los bivalvos.

El arreglo sistemático que se siguió es el propuesto por Warén y Bouchet (2001) para gasterópodos; Skoglund (2001) y Coan y Valentich-Scott (2012) para bivalvos, y Salvini-Plawen (1978) caudofoveados y solenogastres.

Todas las especies y morfoespecies identificadas fueron fotografiadas, cuantificadas y preservadas en etanol al 70% y 90%, y se depositaron en la colección de referencia de mar profundo del Laboratorio de Biodiversidad y Macroecología del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

El tratamiento que se le dio a las muestras para el análisis de metano (CH_4) y ácido sulfhídrico (H_2S) se realizó en el Laboratorio de Ambientes Profundos del Instituto Francés de Investigación para la Explotación del Mar (IFREMER) y estuvo a cargo del Dr. Jean-Claude Caprais. Para ambos análisis se recolectaron muestras de agua intersticial a partir de los

núcleos de sedimento, las cuales fueron transferidas con una jeringa a un vial de 10 mL previamente purgado con nitrógeno, cerrado con una cápsula y un septo de butilo/ PTFE a razón de 2 mL. Posteriormente se añadió un 1 mL de ZnCl₂ (1 M/L) a cada muestra, misma que fue considerada para el cálculo de la concentración final.

Para cada muestra de agua intersticial, el método que se siguió fue el de Fonselius (1983), el cual toma en cuenta todos los sulfuros: $[S] \text{ total} = [H_2S] + [HS^-] + [S^{2-}]$. Cada muestra fue acondicionada con cloruro de zinc (para fijar los sulfuros) y se almacenó a 4 °C en un sitio oscuro antes de ser analizada. Para la determinación de los sulfuros en agua, se hizo reaccionar el cloruro férrico (100 mmol/L) y el N, N-dimetil-p-fenilendiamina diclorhidrato (19 mmol/L) con los sulfuros para obtener un precipitado azul después de un tiempo de incubación de aproximadamente una hora. Los reactivos se conservaron en ácido clorhídrico 6N y se almacenaron en botellas de penicilina en el refrigerador.

Las mediciones se obtuvieron mediante espectrometría de absorción visible a 670 nm en un espectrofotómetro CARY Varian® y se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Valores de temperatura, metano y ácido sulfhídrico analizados en los distintos hábitats de infiltraciones frías, ventilas hidrotermales y planicie abisal (int: 0-2 cm, máx: 10 cm). Infiltraciones frías: Tapete microbiano (**Inf_TMicrob**), Vesicómidos *Archivesica gigas* (**Inf_VesicoA**), Vesicómidos *Phreagena kilmeri* (**Inf_VesicoP**), Siboglínidos (**Inf_Sibo**), Tapete gasterópodo (**Inf_TGast**). Ventilias hidrotermales: Tapete microbiano (**Vent_TMicrob**), Vesicómidos *Archivesica gigas* (**Vent_VesicoA**). Planicie abisal: Lodo abisal (**PA_Lodo**).

Hábitat	Ecosistema	Temp int (°C)	Temp máx (°C)	[CH ₄] int μM	[CH ₄] máx μM	[H ₂ S] int μM	[H ₂ S] máx μM
Inf_TMicrob	Infiltraciones	2.9	2.9	787	803	22,700	31,300
Inf_VesicoA	Infiltraciones	2.9	2.9	0.4	0.7	0.0	0.0
Inf_VesicoP	Infiltraciones	2.9	2.9	0.6	13.0	0.0	0.0
Inf_Sibo	Infiltraciones	2.9	2.9	0.6	4.6	0.0	0.0
Inf_TGast	Infiltraciones	2.9	2.9	192	680	2,470	15,600
Vent_TMicrob	Ventilas	3.2	55.5	220	890	2,890	9,000
Vent_VesicoA	Ventilas	3.1	6.5	2.1	45.7	0.0	1,700
PA_Lodo	Planicie abisal	2.9	2.9	0.4	0.7	0.0	0.0

Análisis de datos

Para determinar la abundancia de moluscos, se cuantificaron los individuos de cada muestra; se hizo un registro de los ejemplares con concha y parte blanda del organismo, así como sólo conchas vacías; en el caso de bivalvos y gasterópodos, se consideró como tanatocenosis aquellas conchas vacías que no presentaban alguna parte blanda del cuerpo del animal. Se utilizó la densidad expresada en individuos por metro cuadrado para cada réplica y se calcularon los valores promedio y desviación estándar para cada hábitat y para cada horizonte de profundidad en el sedimento blando.

Cabe señalar que, para todos los análisis, éstos se realizaron separando la tanatocenosis de los organismos que probablemente estuvieron vivos al momento de la recolección; estos últimos fueron los únicos considerados en los cálculos.

La riqueza de especies se expresó en su forma más simple, como el número de especies presentes en los distintos hábitats quimiosintéticos y planicie abisal. Se calcularon los valores promedio del número de especies y desviación estándar para cada hábitat y para cada horizonte de profundidad en el sedimento blando.

Para analizar la diversidad alfa de los moluscos en cada hábitat de ambos ecosistemas y planicie abisal, se utilizó el índice de Shannon con logaritmo en base 2 y para medir la proporción entre la diversidad observada y la diversidad máxima esperada se utilizó el índice de equidad propuesto por Pielou (1975); previo a estos análisis, los valores de densidad fueron transformados a raíz cuadrada. Ambos índices se calcularon mediante el software PRIMER v7.

Para comparar la composición faunística y la riqueza de especies entre hábitats y detectar qué tan similar es entre ventilas e infiltraciones, se aplicó el índice de similitud de Bray-Curtis con base en su composición de especies y densidades (transformadas a raíz cuadrada) en el software PRIMER v7.

Para analizar las posibles relaciones que tiene la estructura de la malacofauna con algunas variables ambientales, se realizó una matriz con los registros de temperatura, metano y ácido sulfhídrico registrados para cada tipo de hábitat reconocido.

Para demostrar que las especies de moluscos son especies de ambientes quimiosintéticos, se revisaron muestras abisales que también fueron extraídas durante la campaña y se compararon, así mismo se verificó con bibliografía especializada.

El diseño estadístico para comparar la diversidad alfa de los moluscos de los hábitats caracterizados por las asociaciones de tapete microbiano, *A. gigas*, en ventilas hidrotermales de la cuenca de Guaymas y de los hábitats caracterizados por las asociaciones de tapete microbiano, *A. gigas*, *P. kilmeri*, siboglínidos y gasterópodos en las infiltraciones frías del margen de Sonora, consideró las variables:

- a) composición,
- b) riqueza de especies, y
- c) densidad

Los hábitats de ventilas, infiltraciones y la planicie abisal fueron comparados mediante un ANOVA de una vía y una prueba de Tukey HSD. En caso de no cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, los datos se transformaron a raíz cuadrada. Si los datos seguían sin cumplir dichos supuestos, se aplicó la prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis. En todas las pruebas se consideró un nivel de significancia del 5%. Estos análisis fueron realizados con el programa estadístico R.

Para llevar a cabo el análisis entre ecosistemas (abisal y quimiosintético) y entre hábitats (lodos abisales, tapetes microbianos y vesicómidos *A. gigas* en ventilas, tapetes microbianos y vesicómidos *A. gigas* en infiltraciones), se analizaron en las siguientes combinaciones:

Planicie abisal sin efecto quimiosintético vs los dos ecosistemas quimiosintéticos,

Planicie abisal vs hábitat de tapete microbiano de ventilas y tapete microbiano de infiltraciones,

Planicie abisal vs hábitat de *A. gigas* de ventilas y *A. gigas* de infiltraciones.

Las diferencias significativas entre los hábitats de tapete microbiano de ventilas, tapete microbiano de infiltraciones y la planicie abisal; así como, los hábitats de *A. gigas* de ventilas, *A. gigas* de infiltraciones y la planicie abisal, considerando sus densidades y su riqueza de especies, se estimaron mediante un ANOVA de una vía y una prueba de Tukey HSD, en caso de no cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, los datos se transformaron a raíz cuadrada. Si los datos seguían sin cumplir los supuestos, se

aplicó la prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis. En todas las pruebas se consideró un nivel de significancia del 5%. Así mismo, estos análisis fueron realizados con el programa estadístico R.

RESULTADOS

Composición específica

En total, de las 12 inmersiones se extrajeron, separaron y analizaron 288 ejemplares de moluscos, a partir de los cuales se identificaron 4 especies y 7 morfoespecies. Las especies y morfoespecies identificadas pertenecen a 4 clases, 9 familias y 7 géneros. El arreglo sistemático que se adoptó fue el propuesto por Warén y Bouchet (2001) para gasterópodos, el de Skoglund (2001) y Coan y Valentich-Scott (2012) para bivalvos y el de Salvini-Plawen (1978) para solenogastres y caudofoveados (Tabla 3, ANEXO1).

Del total de ejemplares de moluscos, 264 ejemplares vienen de muestras de infiltraciones frías, de los cuales 160 individuos pertenecen a la clase Bivalvia, 100 individuos pertenecen a la clase Gastropoda, 3 individuos a la clase Caudofoveata y 1 individuo a la clase Solenogastres. En ventilas hidrotermales se reconocieron 23 ejemplares de moluscos, de los cuales 20 pertenecen a la clase Gastropoda y 3 individuos a la clase Bivalvia. En la planicie abisal sólo un individuo de la clase Solenogastres fue reconocido.

De los 288 ejemplares de moluscos reconocidos en el sitio de estudio, el 58% tiene representantes vivos, es decir 168 individuos representan organismos con concha y cuerpo blando; mientras que el 42% restante (120 individuos) está representado por conchas vacías. Las especies *Provanna goniata* y Neritidae sp. fueron las únicas representadas en su totalidad por conchas vacías. Del total de organismos con concha y cuerpo blando (168) que se cuantificaron en los ecosistemas quimiosintéticos y planicie abisal, 149 individuos se registraron en infiltraciones frías y 18 individuos en ventilas hidrotermales. En la planicie abisal solamente se registró un individuo.

Tabla 3. Lista sistemática de los moluscos identificados en los ecosistemas de ventilas hidrotermales de la cuenca de Guaymas e infiltraciones frías del margen de Sonora, México. (Diagnosis y fotografía en Anexo I).

Phylum MOLLUSCA Linnaeus, 1758

Clase CAUDOFOVEATA C. R. Boettger, 1956

Orden CHAETODERMATIDA Simroth, 1893

Familia CHAETODERMATIDAE Théel, 1875

Género *Chaetoderma* Lovén, 1904/Género *Falcidens* Salvini-Plawen, 1968 ⁽¹⁾

Clase SOLENOGASTRES Gegenbaur, 1878

SOLENOGASTRES sp. ⁽²⁾

Clase GASTROPODA Cuvier, 1795

Subclase NERITIMORPHA Golikov & Starobogatov, 1975

Superfamilia NERITOIDEA Rafinesque, 1815

Familia NERITIDAE

NERITIDAE sp. ⁽³⁾

Familia PHENACOLEPADIDAE Pilsbry, 1900

PHENACOLEPADIDAE sp. ⁽⁴⁾

Subclase CAENOGASTROPODA Cox, 1960

Superfamilia ABYSSOCHRYSOIDEA Tomlin, 1927

Familia PROVANNIDAE Warén & Ponder, 1991

Género *Provanna* Dall, 1918

Provanna goniata Warén & Bouchet, 1986 ⁽⁵⁾

Provanna laevis Warén & Ponder, 1991 ⁽⁶⁾

Subclase HETEROBRANCHIA J. E. Gray, 1840

Superfamilia VALVATOIDEA Gray, 1840

Familia HYALOGYRINIDAE Warén & Bouchet, 1993

Género *Hyalogyrina* B. A. Marshall, 1988

Hyalogyrina grasslei Warén & Bouchet, 1993 ⁽⁷⁾

Clase BIVALVIA Linnaeus, 1758

Subclase PROTOBRANCHIA Pelseneer, 1889

Orden NUCULANOIDA Carter, D. C. Campbell & M. R. Campbell, 2000

Superfamilia NUCULANOIDEA H. Adams & A. Adams, 1858 (1854)

Familia BATHYSPINULIDAE Coan & Valentich-Scott, 1997

Género *Tindariopsis* Verrill & Bush, 1897

Tindariopsis grasslei (Allen, 1993) ⁽⁸⁾

Familia TINDARIDAE Verrill & Bush, 1897

Género *Tindaria* Bellardi, 1875

Tindaria sp. ⁽⁹⁾

Familia YOLDIIDAE Dall, 1908

Género *Yoldiella* A. E. Verrill & Bush, 1897

Yoldiella sp. ⁽¹⁰⁾

Orden SOLEMYOIDA Dall, 1889

Superfamilia MANZANELLOIDEA Chronic, 1952

Familia NUCINELLIDAE H. Vokes, 1956

Género *Nucinella* S. V. Wood, 1851

Nucinella sp. ⁽¹¹⁾

En los hábitats de infiltraciones frías, la composición de los moluscos estuvo dominada por la clase Bivalvia (67% a 91%) a excepción del hábitat Inf_TGast en donde la clase Gastropoda fue la dominante con el 78% (Figura 2). A excepción de este último, la clase Gastropoda representó menos del 33% en todos los hábitats reconocidos de infiltraciones. Las clases Solenogastres y Caudofoveata, representaron en conjunto el 13% de la fauna de moluscos en el hábitat Inf_VesicoA. A nivel específico, *Tindariopsis grasslei* fue la especie dominante (48% a 88%) en los distintos hábitats de infiltraciones a excepción del hábitat Inf_TGast, donde la especie *Hyalogyrina grasslei* fue la dominante con el 76%.

Por el contrario, en los dos hábitats reconocidos de ventilas, la composición de los moluscos estuvo dominada por la clase Gastropoda (93% a 100%); siendo *Provanna laevis* la única especie de gasterópodo reconocida en este ecosistema (Figura 2). La clase Bivalvia representó >10% de la abundancia de los moluscos en los hábitats de ventilas, y las clases Solenogastres y Caudofoveata no se reconocieron en hábitat alguno de este ecosistema.

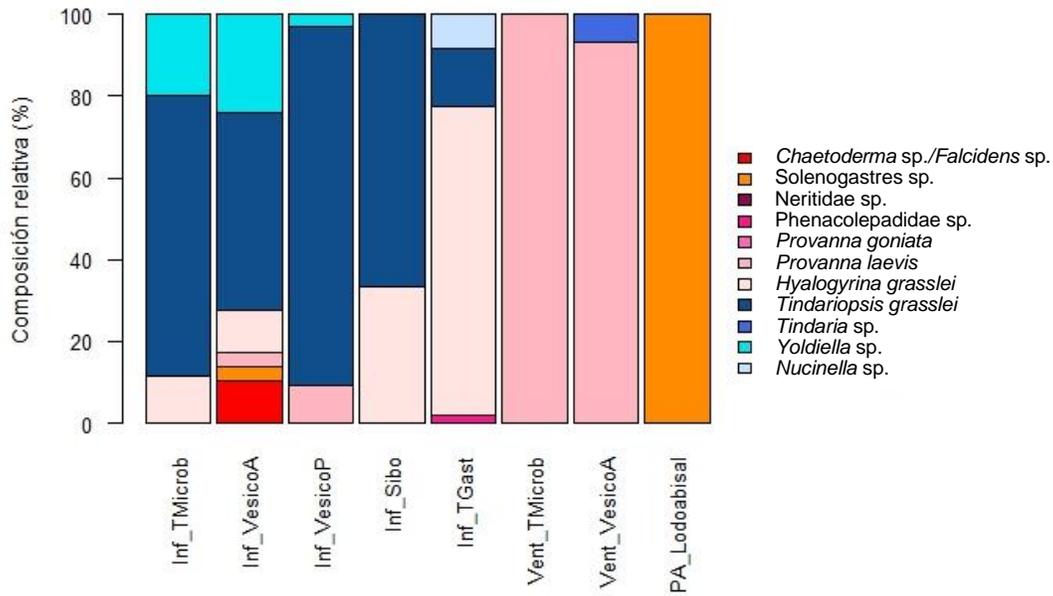


Figura 2. Histograma de la composición relativa de especies de moluscos para cada hábitat quimiosintético y la planicie abisal (basado en los valores promedio de densidad (ind/m²)). Infiltraciones frías: Tapete microbiano (**Inf_TMicrob**), Vesicómidos *Archivesica gigas* (**Inf_VesicoA**), Vesicómidos *Phreagena kilmeri* (**Inf_VesicoP**), Siboglínidos (**Inf_Sibo**), Tapete gasterópodo (**Inf_TGast**). Ventilales hidrotermales: Tapete microbiano (**Vent_TMicrob**), Vesicómidos *Archivesica gigas* (**Vent_VesicoA**). Planicie abisal: Lodo abisal (**PA_Lodoabisal**).

Respecto a la composición de moluscos registrada por horizonte de profundidad en el sedimento blando, esta se presentó así: para los hábitats de infiltraciones frías en el nivel 0-1 cm, la clase Bivalvia fue la dominante (50% a 93%) a excepción del hábitat Inf_TGast donde la clase Gastropoda dominó (64%) (Figura 3). En este nivel la clase Caudofoveata representó el 7% de la composición total en el hábitat Inf_VesicoA (Figura 3). En el nivel 1-3 cm, la clase Bivalvia fue la dominante (75% a 100%), excepto en los hábitats Inf_Sibo y Inf_TGast donde la clase Gastropoda fue la única registrada. Las clases Caudofoveata y Solenogastres representaron el 13% (cada una) de la composición total en el hábitat Inf_VesicoA (Figura 3). En el nivel 3-5 cm la clase Bivalvia fue la única clase registrada en los hábitats Inf_TMicrob, Inf_VesicoP y Inf_Sibo; las clases Caudofoveata y Gastropoda registraron la misma proporción (50%) en el hábitat Inf_VesicoA (Figura 4). En los niveles 5-10 cm, 10-15 cm y 15-20 cm, la clase Bivalvia fue la dominante en todos los hábitats (Figura 4 y Figura 5). En el nivel 5-10 cm la clase Gastropoda representó el 33% de la composición en el hábitat Inf_TGast (Figura 4).

En los hábitats de ventilas hidrotermales, la composición de moluscos registrada por horizonte de profundidad en el sedimento blando, para el nivel más superficial de 0-1 cm; la clase Gastropoda fue la dominante en los dos hábitats Vent_TMicrob y Vent_VesicoA con el 100% y 93% de la composición total respectivamente, la clase Bivalvia representó en el hábitat Vent_VesicoA el 7% (Figura 6). En el nivel 1-3cm la clase Gastropoda fue la única registrada en el hábitat Vent_TMicrob, ninguna otra clase estuvo representada. En los niveles posteriores, de 3-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm y 15-20 cm ninguna clase fue registrada en alguno de los dos hábitats de ventilas (Figura 6).

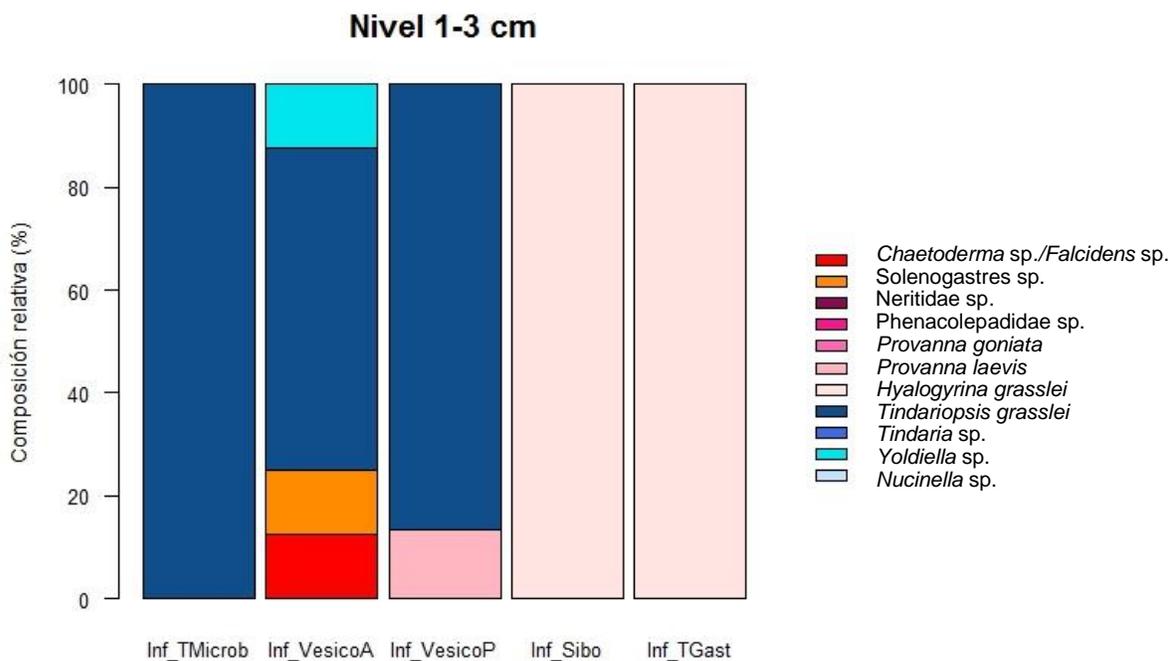
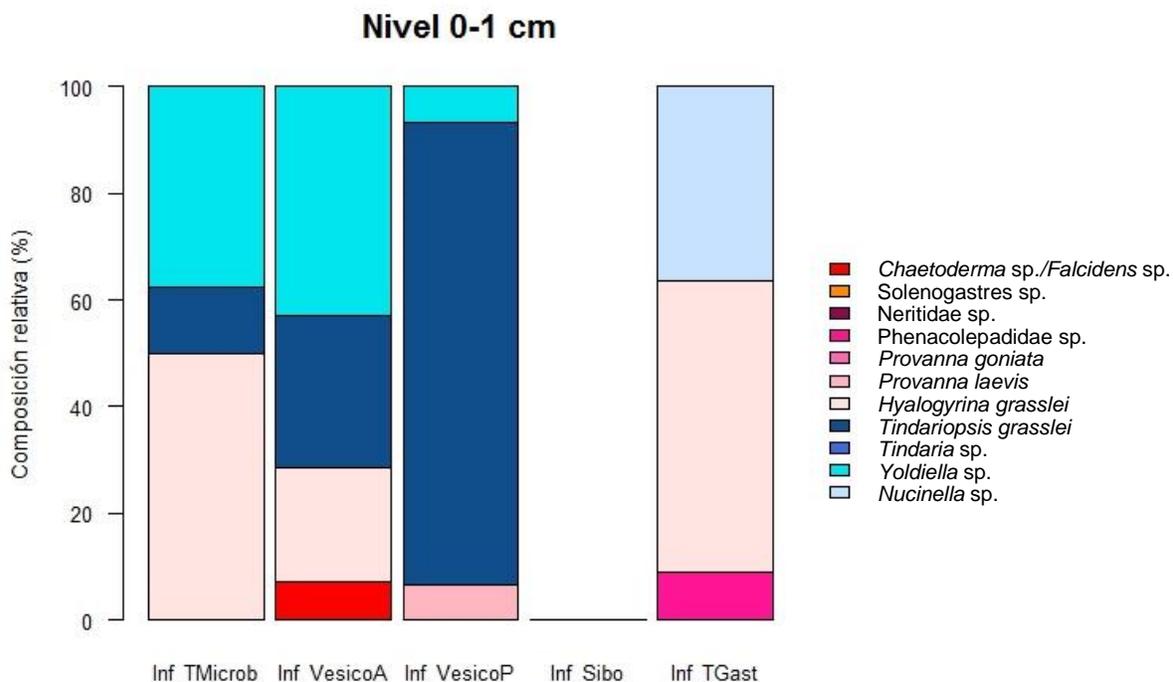


Figura 3. Histogramas de la composición relativa de especies de moluscos para cada hábitat de infiltraciones en los horizontes de profundidad 0-1 cm y 1-3 cm del sedimento (basado en los valores promedio de densidad (ind/m²)). Infiltraciones frías: Tapete microbiano (**Inf_TMicrob**), Vesicómidos *Archivesica gigas* (**Inf_VesicoA**), Vesicómidos *Phreagena kilmeri* (**Inf_VesicoP**), Siboglínidos (**Inf_Sibo**), Tapete gasterópodo (**Inf_TGast**).

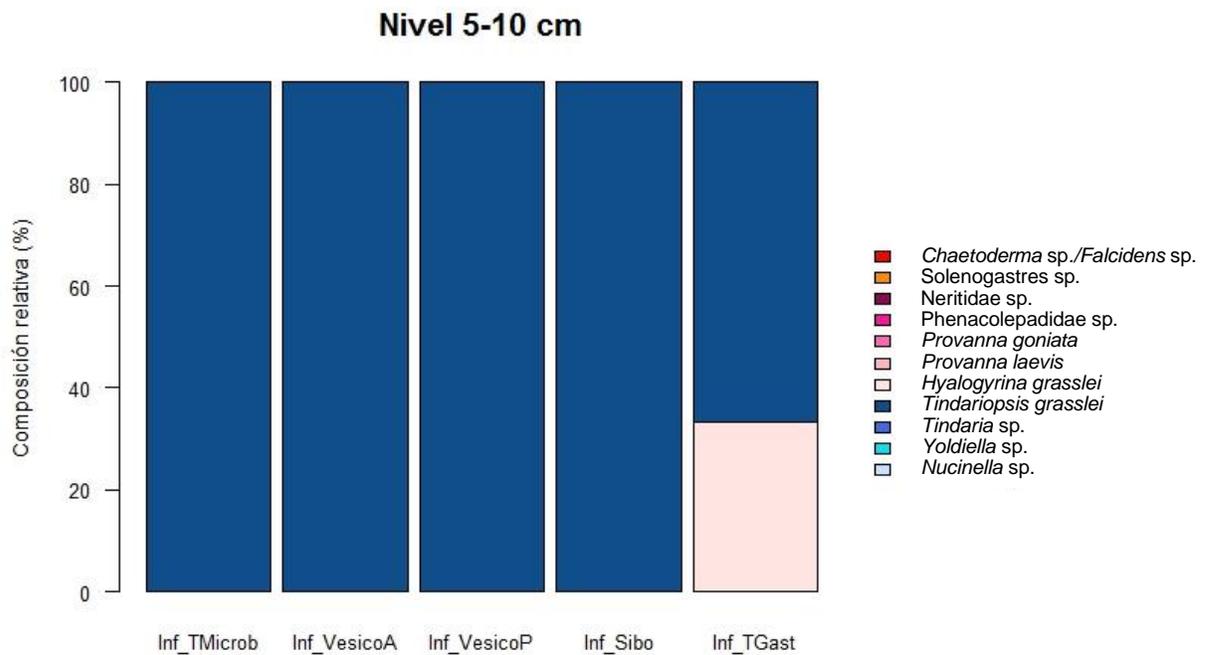
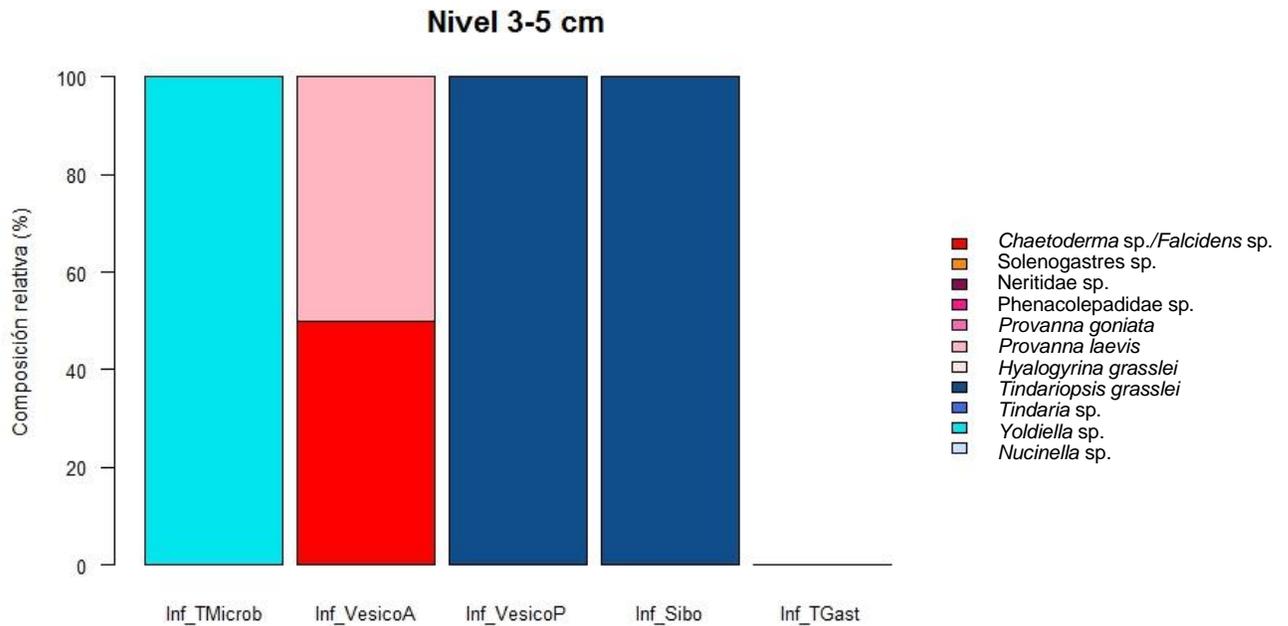


Figura 4. Histogramas de la composición relativa de las especies de moluscos para cada hábitat de infiltraciones en los horizontes de profundidad 3-5 cm y 5-10 cm del sedimento (basado en los valores promedio de densidad (ind/m²)). Infiltraciones frías: Tapete microbiano (**Inf_TMicrob**), Vesicómidos *Archivesica gigas* (**Inf_VesicoA**), Vesicómidos *Phreagena kilmeri* (**Inf_VesicoP**), Siboglínidos (**Inf_Sibo**), Tapete gasterópodo (**Inf_TGast**).

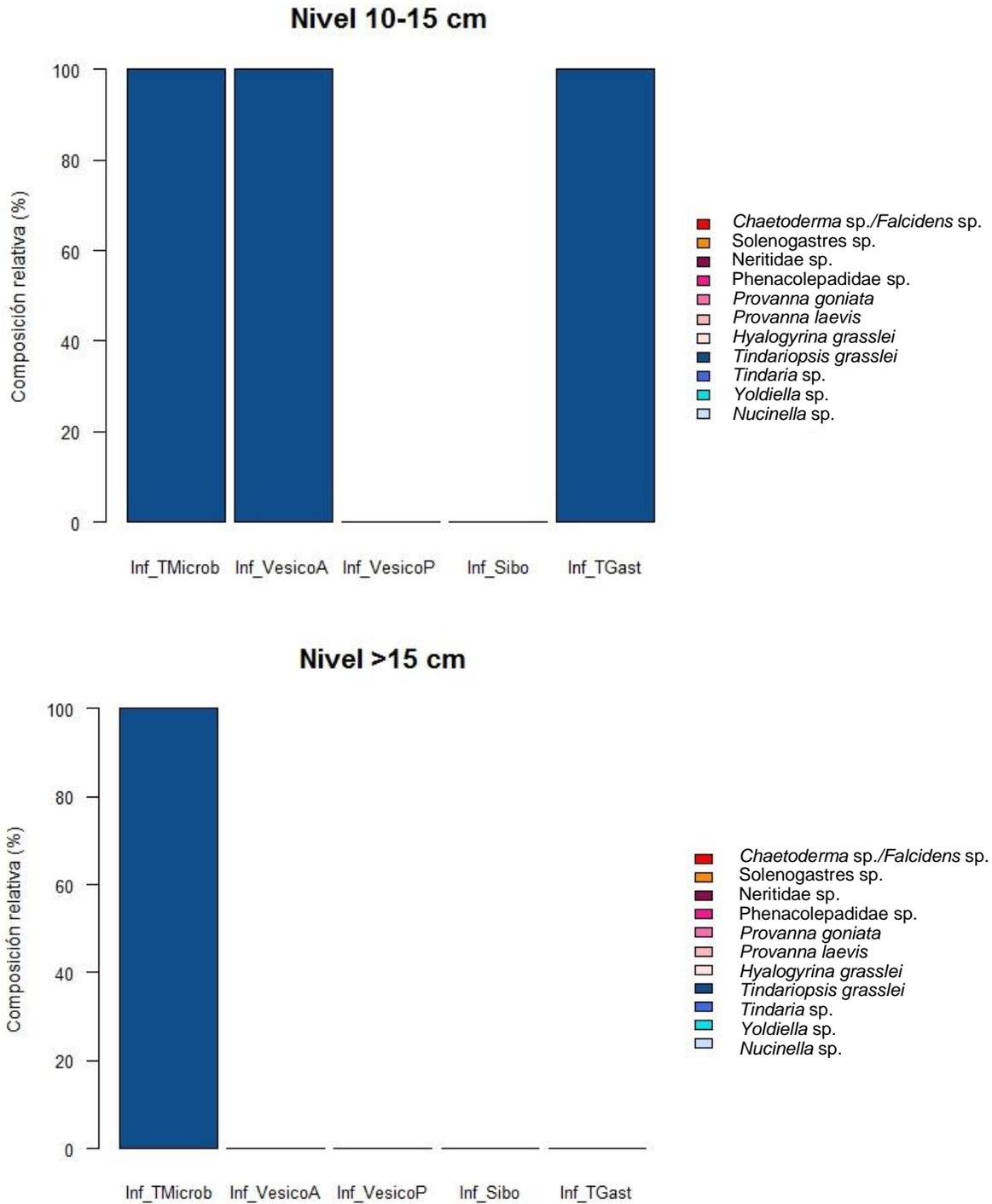


Figura 5. Histogramas de la composición relativa de las especies de moluscos para cada hábitat de infiltraciones en los horizontes de profundidad 10-15 cm y 15-20 cm del sedimento (basado en los valores promedio de densidad (ind/m²)). Infiltraciones frías: Tapete microbiano (**Inf_TMicrob**), Vesicómidos *Archivesica gigas* (**Inf_VesicoA**), Vesicómidos *Phreagena kilmeri* (**Inf_VesicoP**), Siboglínidos (**Inf_Sibo**), Tapete gasterópodo (**Inf_TGast**).

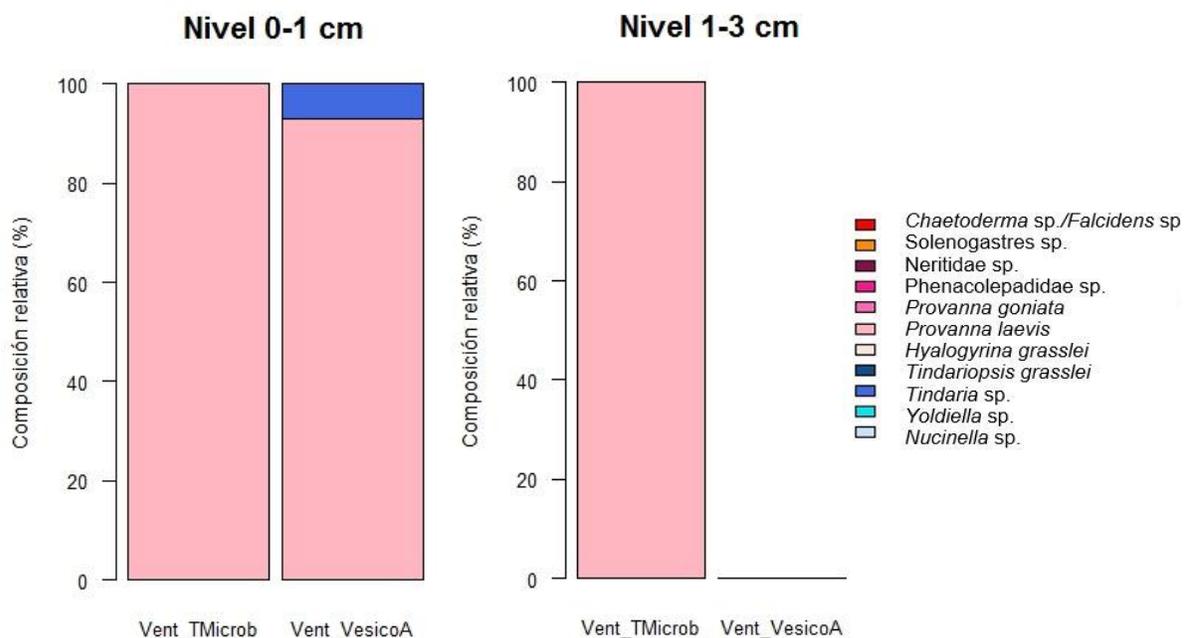


Figura 6. Histogramas de la composición relativa de las especies de moluscos para cada hábitat de ventilas en los distintos horizontes de profundidad del sedimento (basado en los valores promedio de densidad (ind/m²)). Ventilias hidrotermales: Tapete microbiano (**Vent_TMicrob**), Vesicómidos *Archivesica gigas* (**Vent_VesicoA**).

Densidad y riqueza de especies

Los valores promedio de densidad por hábitat en las infiltraciones frías variaron de 265±339 ind/m² en el hábitat Inf_Sibo a 8,666 ind/m² en el hábitat Inf_TGast. En las ventilas hidrotermales, las densidades variaron de 472±540 ind/m² en el hábitat Vent_TMicrob a 1,651±1,948 ind/m² en el hábitat Vent_VesicoA. En la planicie abisal se registró un valor promedio de 118±204 ind/m² (Tabla 4). Los valores de densidad entre los ecosistemas de infiltraciones, ventilas y la planicie abisal, variaron significativamente (ANOVA F_{2,153}= 4.31, p= 0.01); en infiltraciones y la planicie abisal se encontró la mayor variación (Prueba Tukey HSD, p= 0.04). Así mismo, se encontraron diferencias significativas en los valores de densidad entre los hábitats de infiltraciones, hábitats de ventilas y la planicie abisal (ANOVA F_{7,148}= 3.35, p= 0.00), siendo los hábitats Inf_TGast y PA_Lodo donde se mostró la mayor variación (Prueba Tukey HSD, p= 0.05).

Con relación a los valores promedio de densidad encontrados por nivel de profundidad en el sedimento blando, los valores más altos se registraron en los hábitats de infiltraciones para todos los horizontes (Tabla 5). En el nivel de 0-1 cm los valores variaron de 236 ± 408 ind/m² en el hábitat Vent_TMicrob a $1,946$ ind/m² en el hábitat Inf_TGast. De los 1-3 cm, los valores variaron de 88 ± 177 ind/m² en el hábitat Inf_Sibo a $4,952$ ind/m² en el hábitat Inf_TGast. De los 3-5 cm los valores variaron de 88 ± 177 ind/m² en el hábitat Inf_Sibo a 472 ± 817 ind/m² en el hábitat Inf_TMicrob; en este nivel se registró el único valor de densidad promedio para la planicie abisal de 118 ± 204 ind/m², así mismo a partir de este horizonte no se registró ningún valor de densidad en ventilas (Tabla 5). En el nivel de 5-10 cm los valores variaron de 71 ± 158 ind/m² en el hábitat Inf_VesicoP a $1,592$ ind/m² en el hábitat Inf_TGast. De los 10-15 cm los valores variaron de 177 ind/m² en el hábitat Inf_TGast a 825 ± 1430 ind/m² en el hábitat Inf_TMicrob. Para el horizonte más profundo de 15-20 cm, sólo se registró un valor de densidad de 472 ± 817 ind/m² en el hábitat Inf_TMicrob (Tabla 5).

Las densidades por horizonte de profundidad en el sedimento fueron significativamente distintas (ANOVA $F_{5,150} = 4.56$, $p = 0.00$), siendo el horizonte superficial y el más profundo, donde se mostró la variación más grande (Prueba Tukey HSD, $p = 0.00$). Entre los horizontes más superficiales, sólo se encontraron diferencias significativas en las densidades del nivel 0-1 cm y 3-5 cm (Prueba Tukey HSD, $p = 0.02$).

Tabla 4. Composición de la comunidad de moluscos (expresada en términos de densidad: ind/m²) de los hábitats quimiosintéticos de la cuenca de Guaymas y el margen de Sonora y la planicie abisal. (Las desviaciones estándar se muestran en paréntesis). Infiltraciones frías: Tapete microbiano (**Inf_TMicrob**), Vesicómidos *Archivesica gigas* (**Inf_VesicoA**), Vesicómidos *Phreagena kilmeri* (**Inf_VesicoP**), Siboglínidos (**Inf_Sibo**), Tapete gasterópodo (**Inf_TGast**). Ventilales hidrotermales: Tapete microbiano (**Vent_TMicrob**), Vesicómidos *Archivesica gigas* (**Vent_VesicoA**). Planicie abisal: Lodo abisal (**PA_Lodo**).

Ecosistema	Infiltraciones frías															Ventilales hidrotermales						Planicie abisal				
	Hábitat			Inf_TMicrob			Inf_VesicoA			Inf_VesicoP			Inf_Sibo			Inf_TGast		Vent_TMicrob			Vent_VesicoA			PA_Lodo		
Réplica	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3
<i>Chaetoderma</i> sp. / <i>Falcidens</i> sp.	0	0	0	1061	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Solenogastres</i> sp.	0	0	0	354	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	354	0	0
Neritidae sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phenacolepadidae</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	354	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Provanna goniata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Provanna laevis</i>	0	0	0	354	0	0	0	0	1061	0	0	0	0	0	0	0	0	1061	354	707	0	3891	0	0	0	
<i>Hyalogyrina grasslei</i>	707	0	707	354	0	707	0	0	0	0	0	0	0	354	0	13088	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Tindariopsis grasslei</i>	4245	4245	0	354	2476	2122	3537	707	3184	2830	0	0	707	0	0	2476	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Tindaria</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	354	0	0	0	
<i>Yoldiella</i> sp.	1415	0	1061	0	1415	1061	0	0	354	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nucinella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1415	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Densidad total por réplica (ind/m ²)	6367	4245	1769	2476	3891	3891	3537	707	4599	2830	0	0	707	0	354	0	17333	0	1061	354	707	354	3891	354	0	0
Densidad promedio por hábitat (ind/m ²)	4127 (2302)			3419 (817)			2335 (1931)			265 (339)			8666		472 (540)			1651 (1948)			118 (204)					
No. de especies por réplica	3	1	2	5	2	3	1	1	3	1	0	0	1	0	1	0	4	0	1	1	1	1	1	1	0	0
No. de especies promedio por hábitat	2 (1)			3.3 (1.5)			1.2 (1.1)			0.5 (0.6)			2		0.7 (0.6)			1 (0)			0.3 (0.6)					

Tabla 5. Valores promedio (\bar{x}) y desviación estándar (σ) de la densidad (ind/m²) de los moluscos de los hábitats de infiltraciones frías del margen de Sonora, ventilas hidrotermales de la cuenca de Guaymas y planicie abisal por nivel de profundidad en el sedimento. (Los valores más altos se muestran en negritas). Infiltraciones frías: Tapete microbiano (**Inf_TMicrob**), Vesicómidos *Archivesica gigas* (**Inf_VesicoA**), Vesicómidos *Phreagena kilmeri* (**Inf_VesicoP**), Siboglínidos (**Inf_Sibo**), Tapete gasterópodo (**Inf_TGast**). Ventilas hidrotermales: Tapete microbiano (**Vent_TMicrob**), Vesicómidos *Archivesica gigas* (**Vent_VesicoA**). Planicie abisal: Lodo abisal (**PA_Lodo**).

Hábitat Nivel	Inf_TMicrob $\bar{x} \pm \sigma$	Inf_VesicoA $\bar{x} \pm \sigma$	Inf_VesicoP $\bar{x} \pm \sigma$	Inf_Sibo $\bar{x} \pm \sigma$	Inf_TGast \bar{x}	Vent_TMicrob $\bar{x} \pm \sigma$	Vent_VesicoA $\bar{x} \pm \sigma$	PA_Lodo $\bar{x} \pm \sigma$
Nivel 0-1 cm	943±890	1,651±890	1,061±1,225	-	1,946	236±408	1,651±1948	-
Nivel 1-3 cm	118±204	943±408	1,061±1,300	88±177	4,952	236±204	-	-
Nivel 3-5 cm	472±817	236±408	141±194	88±177	-	-	-	118±204
Nivel 5-10 cm	1,297±1,948	118±204	71±158	88±177	1,592	-	-	-
Nivel 10-15 cm	825±1,430	472±540	-	-	177	-	-	-
Nivel 15-20 cm	472±817	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 6. Valores promedio (\bar{x}) y desviación estándar (σ) de la riqueza de especies de los moluscos de los hábitats de infiltraciones frías del margen de Sonora, ventilas hidrotermales de la cuenca de Guaymas y planicie abisal por nivel de profundidad en el sedimento (los valores más altos se muestran en negritas). Infiltraciones frías: Tapete microbiano (**Inf_TMicrob**), Vesicómidos *Archivesica gigas* (**Inf_VesicoA**), Vesicómidos *Phreagena kilmeri* (**Inf_VesicoP**), Siboglínidos (**Inf_Sibo**), Tapete gasterópodo (**Inf_TGast**). Ventilas hidrotermales: Tapete microbiano (**Vent_TMicrob**), Vesicómidos *Archivesica gigas* (**Vent_VesicoA**). Planicie abisal: Lodo abisal (**PA_Lodo**).

Hábitat Nivel	Inf_TMicrob $\bar{x} \pm \sigma$	Inf_VesicoA $\bar{x} \pm \sigma$	Inf_VesicoP $\bar{x} \pm \sigma$	Inf_Sibo $\bar{x} \pm \sigma$	Inf_TGast \bar{x}	Vent_TMicrob $\bar{x} \pm \sigma$	Vent_VesicoA $\bar{x} \pm \sigma$	PA_Lodo $\bar{x} \pm \sigma$
Nivel 0-1 cm	1.3±1.2	2.3±0.6	1±1.2	-	1.5	0.3±0.6	1±0	-
Nivel 1-3 cm	0.3±0.6	1.7±0.6	0.8±0.8	0.3±0.5	0.5	0.7±0.6	-	-
Nivel 3-5 cm	0.3±0.6	0.7±1.2	0.4±0.5	0.3±0.5	-	-	-	0.3±0.6
Nivel 5-10 cm	0.7±0.6	0.3±0.6	0.2±0.4	0.3±0.5	1	-	-	-
Nivel 10-15 cm	0.3±0.6	0.7±0.6	-	-	0.5	-	-	-
Nivel 15-20 cm	0.3±0.6	-	-	-	-	-	-	-

De las 11 especies de moluscos identificadas en este estudio para la cuenca de Guaymas y el margen de Sonora, sólo dos de ellas (*Neritidae* sp. y *Provanna goniata*) estuvieron compuestas en su totalidad por conchas vacías y se registraron en infiltraciones frías. En este ecosistema se reconoció un total de 10 especies, en el ecosistema de ventilas se reconocieron dos especies y una especie se reconoció en la planicie abisal (Tabla 4).

Los valores promedio de riqueza de especies en infiltraciones frías variaron de 0.5 ± 0.6 especies en el hábitat Inf_Sibo a 3.3 ± 1.5 especies en el hábitat Inf_VesicoA. En las ventilas hidrotermales, los valores de riqueza de especies variaron de 0.7 ± 0.6 especies en el hábitat Vent_TMicrob a 1 ± 0 especies en el hábitat Vent_VesicoA. En la planicie abisal se registró un valor promedio de 0.3 ± 0.6 especies (Tabla 4). Los valores de riqueza de especies entre los ecosistemas de infiltraciones, ventilas y la planicie abisal, fueron significativamente distintos (Kruskal-Wallis, $p = 0.01$). Así mismo, los valores de riqueza de especies entre los diferentes hábitats de ventilas e infiltraciones, fueron significativamente distintos (Kruskal-Wallis, $p = 0.00$); siendo el hábitat Inf_VesicoA donde se presentaron las mayores diferencias.

Con relación a los valores promedio de riqueza de especies encontrados por nivel de profundidad en el sedimento blando, los valores más altos se registraron en los hábitats de infiltraciones para todos los horizontes (Tabla 6). En el nivel de 0-1 cm los valores variaron de 0.3 ± 0.6 especies en el hábitat Vent_TMicrob a 2.3 ± 0.6 especies en el hábitat Inf_VesicoA. En los niveles 1-3 cm y 3-5 cm los valores variaron de 0.3 ± 0.5 especies en el hábitat Inf_Sibo para ambos niveles a 1.7 ± 0.6 y 0.7 ± 1.2 especies en el hábitat Inf_VesicoA en ambos niveles. De los 5-10 cm los valores variaron de 0.3 ± 0.5 especies en el hábitat Inf_VesicoP a 1 especie en el hábitat Inf_TGast. De los 10-15 cm los valores variaron de 0.3 ± 0.6 especies en el hábitat Inf_TMicrob a 0.7 ± 0.6 especies en el hábitat Inf_VesicoA. Para el horizonte más profundo de 15-20 cm, sólo se registró un valor de riqueza de especies de 0.3 ± 0.6 especies en el hábitat Inf_TMicrob (Tabla 6). Los valores de riqueza de especies encontrados por horizonte de profundidad en el sedimento fueron significativamente distintos (Kruskal-Wallis, $p = 0.00$); siendo en el horizonte superficial para todos los hábitats donde se encontraron las mayores diferencias.

El análisis entre ecosistemas (abisal y quimiosintético) sólo considerando los hábitats de tapete microbiano y vesicómidos *A. gigas* en ventilas, así como tapete microbiano y vesicómidos *A. gigas* en infiltraciones; arrojó que existen diferencias significativas para los valores de densidad a nivel ecosistema (ANOVA $F_{2,87} = 9.29$, $p = 0.00$), encontrándose las

mayores diferencias en el ecosistema de infiltraciones y ventilas (Prueba Tukey HSD, $p=0.002$). Respecto a los valores de riqueza de especies, también se encontraron diferencias significativas a nivel ecosistema (Kruskal-Wallis, $p=0.00$), siendo el ecosistema de infiltraciones donde se presentaron las mayores diferencias, ya que en los hábitats Inf_TMicrob y Inf_VesicoA se presentaron los valores más altos de riqueza de especies (Tabla 7).

La comparación entre la planicie abisal vs el hábitat Inf_TMicrob y Vent_Microb, mostró que existen diferencias significativas en las densidades (ANOVA $F_{2,51}=6.98$, $p=0.002$), con las mayores diferencias entre el hábitat Inf_TMicrob y la planicie abisal (Prueba Tukey HSD, $p=0.002$). Así mismo para la riqueza de especies, también se encontraron diferencias significativas (Kruskal-Wallis, $p=0.01$), siendo el hábitat Inf_TMicrob el que presentó la mayor diferencia; mismo correspondió a que en este hábitat se presentó la riqueza de especies más elevada (Tabla 7).

Finalmente, la comparación entre la planicie abisal vs el hábitat Inf_VesicoA y Vent_VesicoA mostró que, para estos hábitats también existen diferencias significativas en las densidades (ANOVA $F_{2,51}=6.31$, $p=0.003$), donde el hábitat Inf_VesicoA y la planicie abisal presentan las mayores diferencias (Prueba Tukey HSD, $p=0.002$); sin embargo, la comparación de densidades entre los hábitats Inf_VesicoA y Vent_VesicoA, estuvo cerca de ser significativa (Prueba Tukey HSD, $p=0.05$). La riqueza de especies también presentó diferencias significativas (Kruskal-Wallis, $p=0.00$), siendo el hábitat Inf_VesicoA el que presentó la mayor diferencia; correspondiendo al valor más elevado de riqueza de especies (Tabla 7).

Tabla 7. Valores promedio de riqueza de especies (S) y densidad promedio (ind/m^2), para los hábitats quimiosintéticos de tapete microbiano y vesicómidos *A. gigas* de infiltraciones y ventilas y la planicie abisal. Infiltraciones frías: Tapete microbiano (**Inf_TMicrob**), Vesicómidos *Archivesica gigas* (**Inf_VesicoA**). Ventilass hidrotermales: Tapete microbiano (**Vent_TMicrob**), Vesicómidos *Archivesica gigas* (**Vent_VesicoA**). Planicie abisal: Lodo abisal (**PA_Lodo**).

Hábitat	S $\bar{x} \pm \sigma$	Densidad $\bar{x} \pm \sigma$
Inf_TMicrob	2±1	4,127±2,302
Inf_VesicoA	3.3±1.5	3,419±817
Vent_TMicrob	0.7±0.6	472±540
Vent_VesicoA	1±0	1,651±1,948
PA_Lodo	0.3±0.6	118±204

Diversidad

La diversidad estimada mediante el índice de Shannon para los hábitats quimiosintéticos y planicie abisal, mostró que los valores más altos se obtuvieron en los hábitats de infiltraciones (Tabla 8). En este ecosistema la variación observada fue de 0.98 bits por individuo en el hábitat Inf_Sibo a 2.42 bits por individuo en el hábitat Inf_VesicoA.

Para ventilas, 0.75 bits por individuo en el hábitat Vent_VesicoA fue el valor más alto de diversidad registrado para este ecosistema (Tabla 8).

El hábitat Vent_TMicrob, así como la planicie abisal, no reflejaron valor alguno de diversidad ya que en ambos hábitats el número de especies promedio que se reconoció fue menor a 1. Las únicas especies reconocidas fueron *Provanna laevis* y *Solenogastres* sp., respectivamente (Tabla 8).

Así mismo, los valores más altos de equidad fueron reconocidos en los hábitats de infiltraciones, siendo el hábitat Inf_Sibo el que obtuvo el valor más alto (0.98) (Tabla 8).

La diversidad estimada en cada hábitat por horizonte de profundidad en el sedimento mostró los mayores valores de diversidad en los primeros dos niveles, de 0-1 cm y 1-3 cm (Tabla 9). En el nivel 0-1 cm el valor más alto de diversidad fue de 1.93 bits por individuo en el hábitat Inf_VesicoA y los más bajos (0.75 y 0 bits por individuo) en los hábitats Vent_VesicoA y Vent_TMicrob respectivamente. En el nivel 1-3 cm los únicos valores observados fueron de 1.89 bits por individuo en el hábitat Inf_VesicoA y 0.86 bits por individuo en el hábitat Inf_VesicoP (Tabla 9).

Los valores más altos de equidad obtenidos en estos dos niveles superficiales correspondieron a los mismos hábitats que obtuvieron los mayores valores de diversidad; en el nivel 0-1 cm, el hábitat Inf_VesicoA (0.97) y en el nivel 1-3 cm, también el hábitat Inf_VesicoA (0.95) (Tabla 9).

Posterior a los 3 cm de profundidad en el sedimento, sólo se obtuvo un valor de diversidad de 0.98 bits por individuo en el nivel 5-10 cm en el hábitat Inf_TGast (Tabla 9).

Tabla 8. Valores promedio de riqueza de especies (S), densidad promedio (ind/m²), diversidad (H' \log_2) y equidad (J') para los hábitats quimiosintéticos y la planicie abisal. Infiltraciones frías: Tapete microbiano (**Inf_TMicrob**), Vesicómidos *Archivesica gigas* (**Inf_VesicoA**), Vesicómidos *Phreagena kilmeri* (**Inf_VesicoP**), Siboglínidos (**Inf_Sibo**), Tapete gasterópodo (**Inf_TGast**). Ventilales hidrotermales: Tapete microbiano (**Vent_TMicrob**), Vesicómidos *Archivesica gigas* (**Vent_VesicoA**). Planicie abisal: Lodo abisal (**PA_Lodo**).

Hábitat	S $\bar{x} \pm \sigma$	Densidad $\bar{x} \pm \sigma$	$H' \log_2$	J'
Inf_TMicrob	2±1	4,127±2,302	1.48	0.93
Inf_VesicoA	3.3±1.5	3,419±817	2.42	0.94
Inf_VesicoP	1.2±1.1	2,335±1,931	1.24	0.78
Inf_Sibo	0.5±0.6	265±339	0.98	0.98
Inf_TGast	2	8,666	1.71	0.86
Vent_TMicrob	0.7±0.6	472±540	0	-
Vent_VesicoA	1±0	1,651±1,948	0.75	0.75
PA_Lodo	0.3±0.6	118±204	0	-

Tabla 9. Valores promedio de riqueza de especies (S), densidad promedio (ind/m²), diversidad (H' \log_2) y equidad (J') para los hábitats quimiosintéticos y la planicie abisal por horizonte de profundidad en el sedimento. Infiltraciones frías: Tapete microbiano (**Inf_TMicrob**), Vesicómidos *Archivesica gigas* (**Inf_VesicoA**), Vesicómidos *Phreagena kilmeri* (**Inf_VesicoP**), Siboglínidos (**Inf_Sibo**), Tapete gasterópodo (**Inf_TGast**). Ventilas hidrotermales: Tapete microbiano (**Vent_TMicrob**), Vesicómidos *Archivesica gigas* (**Vent_VesicoA**). Planicie abisal: Lodo abisal (**PA_Lodo**).

Nivel 0-1 cm	Inf_TMicrob	Inf_VesicoA	Inf_VesicoP	Inf_Sibo	Inf_TGast	Vent_TMicrob	Vent_VesicoA	PA_Lodo
$S \bar{x} \pm \sigma$	1.3±1.2	2.3±0.6	1±1.2	-	1.5	0.3±0.6	1±0	-
Densidad $\bar{x} \pm \sigma$	943±890	1,651±890	1,061±1,225	-	1,946	236±408	1,651±1,948	-
$H' \log_2$	1.53	1.93	1.30	-	1.50	0	0.75	-
J'	0.96	0.97	0.81	-	0.94	-	0.75	-
Nivel 1-3 cm	Inf_TMicrob	Inf_VesicoA	Inf_VesicoP	Inf_Sibo	Inf_TGast	Vent_TMicrob	Vent_VesicoA	PA_Lodo
$S \bar{x} \pm \sigma$	0.3±0.6	1.7±0.6	0.8±0.8	0.3±0.5	0.5	0.7±0.6	-	-
Densidad $\bar{x} \pm \sigma$	118±204	943±408	1,061±1,300	88±177	4,952	236±204	-	-
$H' \log_2$	0	1.89	0.86	0	0	0	-	-
J'	-	0.95	0.86	-	-	-	-	-
Nivel 3-5 cm	Inf_TMicrob	Inf_VesicoA	Inf_VesicoP	Inf_Sibo	Inf_TGast	Vent_TMicrob	Vent_VesicoA	PA_Lodo
$S \bar{x} \pm \sigma$	0.3±0.6	0.7±1.2	0.4±0.5	0.3±0.5	-	-	-	0.3±0.6
Densidad $\bar{x} \pm \sigma$	472±817	236±408	141±194	88±177	-	-	-	118±204
$H' \log_2$	0	0	0	0	-	-	-	0
J'	-	-	-	-	-	-	-	-
Nivel 5-10 cm	Inf_TMicrob	Inf_VesicoA	Inf_VesicoP	Inf_Sibo	Inf_TGast	Vent_TMicrob	Vent_VesicoA	PA_Lodo
$S \bar{x} \pm \sigma$	0.7±0.6	0.3±0.6	0.2±0.4	0.3±0.5	1	-	-	-
Densidad $\bar{x} \pm \sigma$	1,297±1,948	118±204	71±158	88±177	1,592	-	-	-
$H' \log_2$	0	0	0	0	0.98	-	-	-
J'	-	-	-	-	0.98	-	-	-
Nivel 10-15 cm	Inf_TMicrob	Inf_VesicoA	Inf_VesicoP	Inf_Sibo	Inf_TGast	Vent_TMicrob	Vent_VesicoA	PA_Lodo
$S \bar{x} \pm \sigma$	0.3±0.6	0.7±0.6	-	-	0.5	-	-	-
Densidad $\bar{x} \pm \sigma$	825±1,430	472±540	-	-	177	-	-	-
$H' \log_2$	0	0	-	-	0	-	-	-
J'	-	-	-	-	-	-	-	-
Nivel 15-20 cm	Inf_TMicrob	Inf_VesicoA	Inf_VesicoP	Inf_Sibo	Inf_TGast	Vent_TMicrob	Vent_VesicoA	PA_Lodo
$S \bar{x} \pm \sigma$	0.3±0.6	-	-	-	-	-	-	-
Densidad $\bar{x} \pm \sigma$	472±817	-	-	-	-	-	-	-
$H' \log_2$	0	-	-	-	-	-	-	-
J'	-	-	-	-	-	-	-	-

Similitud en la composición faunística entre hábitats

El análisis Bray-Curtis mostró la formación de tres grupos con base en su composición de especies y densidades de los hábitats quimiosintéticos de ventilas e infiltraciones y para la planicie abisal (Figura 7).

El MDS reflejó la agrupación de los cinco hábitats de infiltraciones frías. Al interior de este grupo, los hábitats Inf_TMicrob y Inf_VesicoA muestran una similitud mayor al 75% y a su vez, con el hábitat Inf_VesicoP son similares en un 50%. Igualmente, los hábitats de ventilas se agrupan entre ellos con un valor de similitud mayor al 50% y la planicie abisal conforma un grupo externo (Figura 7).

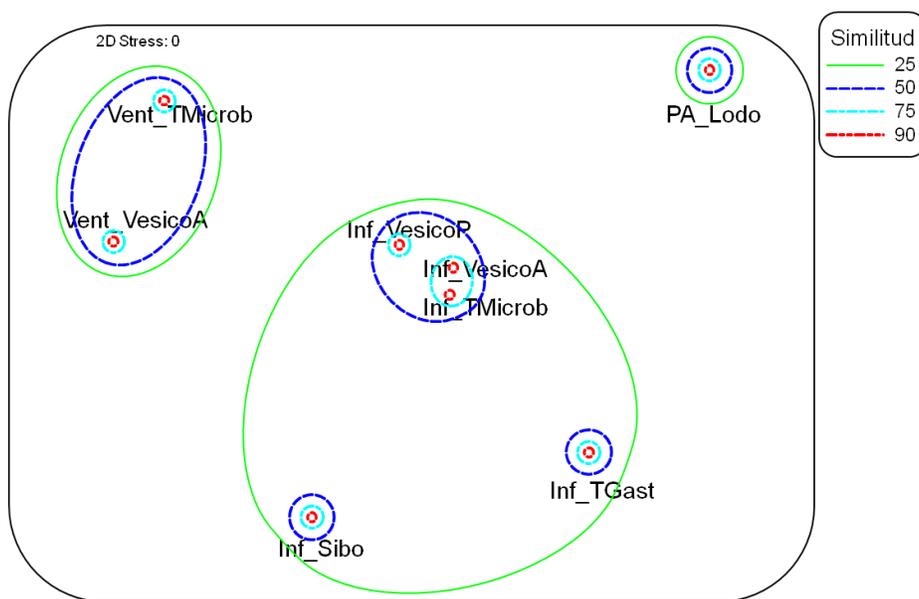


Figura 7. MDS de similitud entre los hábitats quimiosintéticos y la planicie abisal, basado en la composición de especies y densidades (los valores de similitud se expresan en porcentaje). Infiltraciones frías: Tapete microbiano (**Inf_TMicrob**), Vesicómidos *Archivesica gigas* (**Inf_VesicoA**), Vesicómidos *Phreagena kilmeri* (**Inf_VesicoP**), Siboglínidos (**Inf_Sibo**), Tapete gasterópodo (**Inf_TGast**). Ventilias hidrotermales: Tapete microbiano (**Vent_TMicrob**), Vesicómidos *Archivesica gigas* (**Vent_VesicoA**). Planicie abisal: Lodo abisal (**PA_Lodoabisal**).

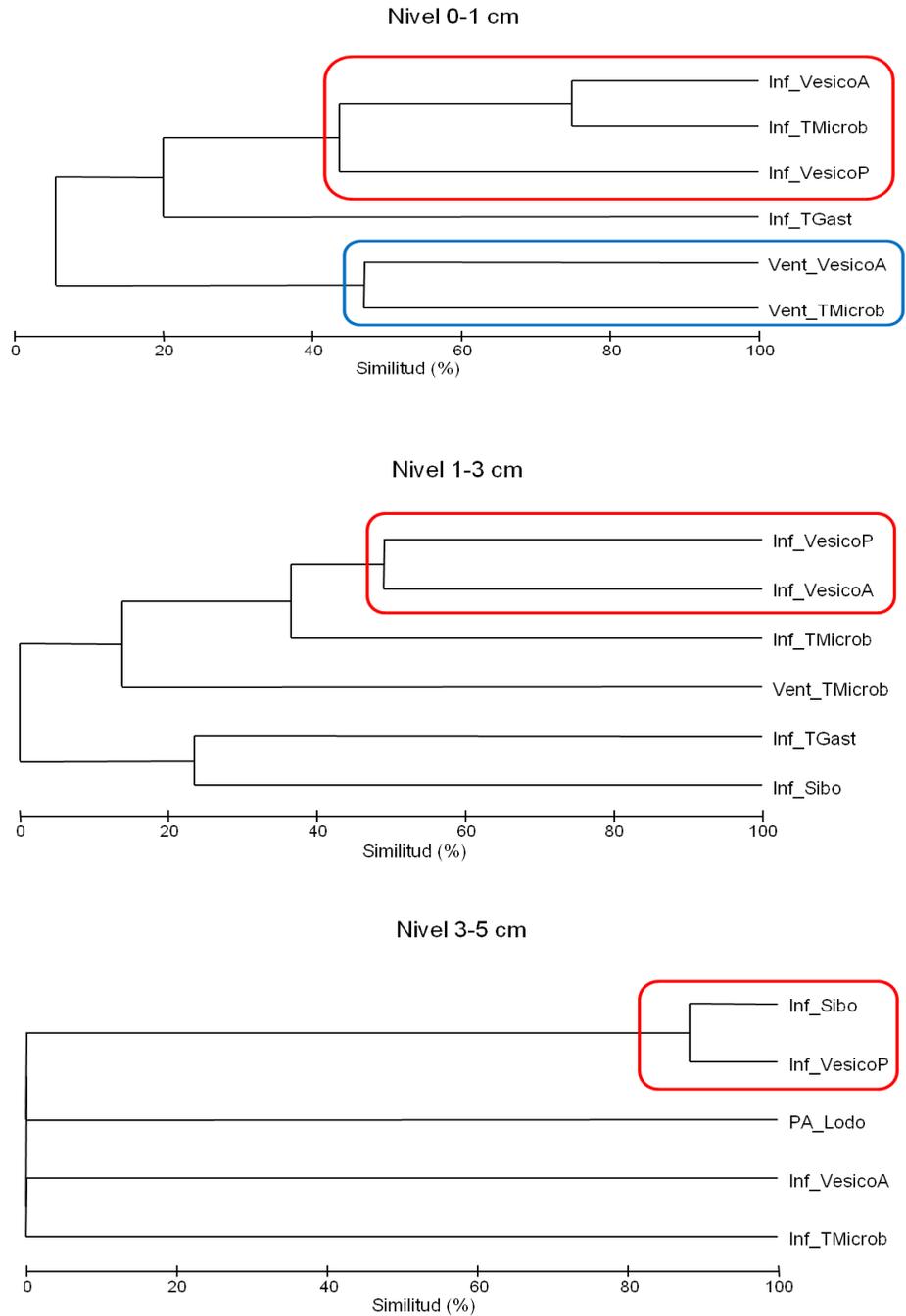


Figura 8. Dendrogramas de similitud entre los hábitats quimiosintéticos y la planicie abisal por horizonte de profundidad (0-1 cm, 1-3 cm y 3-5 cm) en el sedimento blando, basado en la composición de especies y densidades. Infiltraciones frías: Tapete microbiano (**Inf_TMicrob**), Vesicómidos *Archivesica gigas* (**Inf_VesicoA**), Vesicómidos *Phreagena kilmeri* (**Inf_VesicoP**), Siboglínidos (**Inf_Sibo**), Tapete gasterópodo (**Inf_TGast**). Ventilas hidrotermales: Tapete microbiano (**Vent_TMicrob**), Vesicómidos *Archivesica gigas* (**Vent_VesicoA**). Planicie abisal: Lodo abisal (**PA_Lodoabisal**).

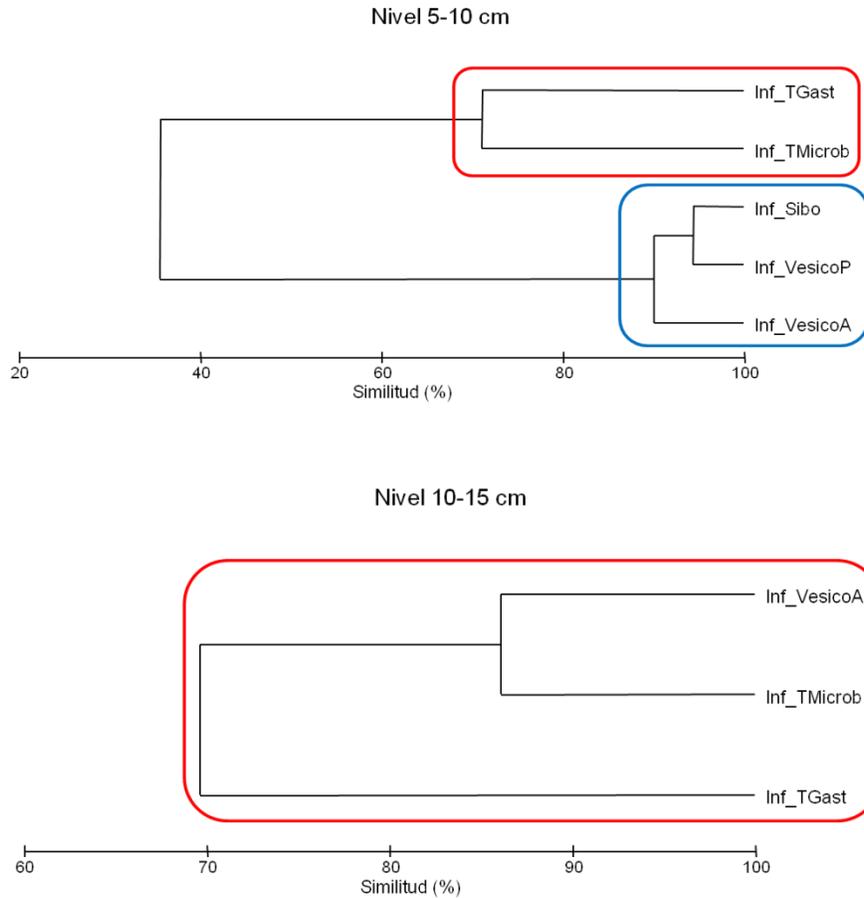


Figura 9. Dendrogramas de similitud entre los hábitats quimiosintéticos por horizonte de profundidad (5-10 cm y 10-15 cm) en el sedimento blando, basado en la composición de especies y densidades. Infiltraciones frías: Tapete microbiano (**Inf_TMicrob**), Vesicómidos *Archivesica gigas* (**Inf_VesicoA**), Vesicómidos *Phreagena kilmeri* (**Inf_VesicoP**), Siboglinidos (**Inf_Sibo**), Tapete gasterópodo (**Inf_TGast**).

La similitud entre hábitats por horizonte de profundidad en el sedimento blando, en el nivel 0-1 cm, mostró la formación de dos grupos (Figura 8). El primer grupo con una similitud aproximada del 40%, conformado por los hábitats Inf_VesicoP, Inf_VesicoA y Inf_TMicrob, se caracterizó por tener valores altos de densidad ($1,061 \pm 1,225$, $1,651 \pm 890$, 943 ± 890 ind/m²) respectivamente (Tabla 9) y por la presencia de la especie *Tindariopsis grasslei* en los tres hábitats (Figura 4); así mismo, el segundo grupo conformado por los hábitats Inf_VesicoA y Inf_TMicrob, obtuvieron un mayor grado de similitud (75%) debido a que comparten un mayor número de especies: *Hyalogyrina grasslei*, *Tindariopsis grasslei* y *Yoldiella* sp. (Figura 3).

En el nivel 1-3 cm con un 50% de similitud, se agruparon los hábitats Inf_VesicoA y Inf_VesicoP (Figura 8), mismos que presentaron los valores más altos de número de especies a este nivel de profundidad en el sedimento (Tabla 9). En el nivel 3-5 cm sólo se observó la formación de un grupo, con el 88% de similitud, los hábitats Inf_Sibo y Inf_VesicoP se agruparon ya que en este horizonte fueron los únicos dos hábitats que compartieron la presencia de una misma especie, en este caso fue la especie *Tindariopsis grasslei* (Figura 4).

A partir de los 5 cm de profundidad en el sedimento blando, el análisis de similitud se realizó únicamente para los hábitats de infiltraciones frías, ya que sólo en estos hábitats se registraron valores de densidad y riqueza de especies. En el nivel 5-10 cm el primer grupo conformado por los hábitats Inf_TGast y Inf_Sibo, obtuvieron una similitud de más del 70% y estos se caracterizaron por registrar los valores más altos de densidad para este nivel (Figura 9 y Tabla 9). El segundo grupo conformado para este nivel de profundidad estuvo compuesto por los hábitats Inf_Sibo, Inf_VesicoA y Inf_VesicoP; este grupo se caracterizó por los valores de densidad más bajos, así como el menor número de especies registradas (Tabla 9).

Por último, en el nivel 10-15 cm se identificó sólo un grupo, compuesto por los hábitats Inf_VesicoA, Inf_TMicrob y Inf_TGast (Figura 9). A esta profundidad en el sedimento, fueron los únicos hábitats donde se obtuvieron valores de densidad y riqueza de especies; de los tres, el hábitat Inf_TMicrob fue el que registró los valores más altos de densidad ($825 \pm 1,430$ ind/m²) (Tabla 9).

Variables ambientales

En los hábitats quimiosintéticos y la planicie abisal, las variables de temperatura y concentraciones de metano fueron medidas en cada uno de estos (Tabla 2).

En los valores de temperatura registrados para cada uno de los hábitats, no se observó algún dato que se diferenciara de la temperatura promedio que se reporta para la cuenca de Guaymas (2.9°C); todos los hábitats de infiltraciones reportan este valor de temperatura. Solamente los hábitats de ventilas presentaron una variación de 3.2 a 55.5°C en el hábitat Vent_TMicrob y de 3.1 a 6.5°C en el hábitat Vent_VesicoA (Tabla 2).

Los valores máximos (10 cm) y los registrados en la interfase del sedimento (0-2 cm), para las concentraciones de metano estuvieron correlacionados ($R= 0.96$, $p= >0.001$); así mismo, las concentraciones de ácido sulfhídrico ($R= 0.90$, $p= 0.002$).

Las concentraciones máximas de metano variaron de $>1 \mu\text{M}$ a $890 \mu\text{M}$. Los hábitats de infiltraciones Inf_VesicoA, Inf_VesicoP y Inf_Sibo, así como en el hábitat de ventilas Vent_VesicoA y la planicie abisal, presentaron las concentraciones más bajas ($>1 \mu\text{M} - 45.7 \mu\text{M}$). Las concentraciones más altas se registraron en los hábitats Inf_TMicrob y Inf_TGast de infiltraciones, así como en el hábitat de ventilas Vent_TMicrob ($680 \mu\text{M} - 890 \mu\text{M}$) (Tabla 2).

Las concentraciones máximas de ácido sulfhídrico variaron de $0 \mu\text{M}$ a $31,300 \mu\text{M}$. Los hábitats donde el ácido sulfhídrico no se detectó, fueron Inf_VesicoA, Inf_VesicoP, Inf_Sibo de infiltraciones y la planicie abisal. Concentraciones intermedias se registraron en los hábitats de ventilas Vent_VesicoA ($1,700 \mu\text{M}$) y Vent_TMicrob ($9,000 \mu\text{M}$); y los valores más altos de ácido sulfhídrico, se registraron en los hábitats de infiltraciones Inf_TGast ($15,600 \mu\text{M}$) y Inf_TMicrob ($31,300 \mu\text{M}$) (Tabla 2).

Los hábitats de infiltraciones y ventilas se clasificaron en dos grupos de acuerdo con las concentraciones de metano y ácido sulfhídrico. Un primer grupo (Inf_TMicrob, Inf_TGast y Vent_TMicrob) que se distinguió por tener altas concentraciones de estos compuestos reducidos y un segundo grupo (Inf_VesicoA, Inf_VesicoP, Inf_Sibo, Vent_VesicoA y PA_Lodo) caracterizado por presentar las concentraciones más bajas (Tabla 10).

Tabla 10. Clasificación de los hábitats de infiltraciones, hábitats de ventilas y planicie abisal, basado en las concentraciones de compuestos reducidos registrados en el sedimento de la cuenca de Guaymas y el margen de Sonora. Infiltraciones frías: Tapete microbiano (**Inf_TMicrob**), Vesicómidos *Archivesica gigas* (**Inf_VesicoA**), Vesicómidos *Phreagena kilmeri* (**Inf_VesicoP**), Siboglínidos (**Inf_Sibo**), Tapete gasterópodo (**Inf_TGast**). Ventilas hidrotermales: Tapete microbiano (**Vent_TMicrob**), Vesicómidos *Archivesica gigas* (**Vent_VesicoA**). Planicie abisal: Lodo abisal (**PA_Lodo**).

<p>Grupo 1 (altas concentraciones de: CH₄ y H₂S)</p>	<p>Infiltraciones: Inf_TMicrob, Inf_TGast Ventilas: Vent_TMicrob</p>
<p>Grupo 2 (bajas concentraciones de: CH₄ y H₂S)</p>	<p>Infiltraciones: Inf_VesicoA, Inf_VesicoP, Inf_Sibo Ventilas: Vent_VesicoA Planicie abisal: PA_Lodo</p>

DISCUSIÓN

Composición específica

Las asociaciones de bivalvos se han reconocido en sitios con temperaturas elevadas (Cary *et al.*, 1989) y se agregan en sedimentos en las inmediaciones a la actividad hidrotermal, por ejemplo, en tapetes bacterianos, zonas circundantes con madrigueras, tubos y otras estructuras del depósito mineral y actividad biogénica (Tarasov *et al.*, 2005; Kamenev *et al.* 1993; Southward *et al.*, 1997). Los mejillones y las almejas son moluscos que se han reportado en ambientes extremos, desde las zonas intermareales donde experimentan largos períodos de anoxia y en mar profundo en las zonas hipóxicas, infiltraciones frías y ventilas hidrotermales (Johnson *et al.*, 1994). La agregación y movilidad de densidades elevadas de especies de gasterópodos como *Nassarius* spp., *Cyclope neritea* o *Nassarius mutabilis*, son un mecanismo común en las inmediaciones como lo han reconocido los muestreos de Melwani y Kim (2008).

Este estudio proporcionó evidencia de la existencia de diferencias en la composición y abundancia en perfiles verticales de núcleos de sedimento y diferencias horizontales, entre zonas o hábitats que se vinculan a las variables físicas. La variabilidad entre los 0 y 15 cm de profundidad está asociada con la actividad hidrotermal en la cuenca de Guaymas y a las infiltraciones en el margen de Sonora. Esta variabilidad en la temperatura y concentración de H₂S, define gradientes al interior del sedimento, hábitats discernibles en la superficie del sustrato a pequeña escala espacial conocida como distribución en parche (Melwani y Kim, 2008). Esta se ha atribuido a la variabilidad espaciotemporal de la infiltración de los fluidos hidrotermales en el sedimento (Levin *et al.*, 2003). El efecto en la composición de los moluscos de la infauna requerirá a futuro estudiarse a detalle para entender mejor los hábitats en los tres ecosistemas (ventilas hidrotermales, infiltraciones frías y planicie abisal).

Densidad y riqueza de especies

Las ventilas hidrotermales y las infiltraciones frías se caracterizan por presentar fauna altamente especializada, y en estos ecosistemas depende para su nutrición de bacterias

quimioautótrofas. La biomasa de estos ecosistemas de mar profundo está representada por unas cuantas especies (Dubilier *et al.*, 2008).

En los hábitats de los ecosistemas quimiosintéticos de la cuenca de Guaymas y el margen de Sonora, se observó que las densidades registradas en cada uno de los hábitats fueron superiores en todos los casos a lo que se registró en la planicie abisal. Cabe mencionar que el esfuerzo de muestreo en la planicie abisal fue menor que aquel realizado en el ecosistema de ventilas e infiltraciones. Se ha reportado que los moluscos se agregan en áreas con densidad bacteriana elevada, sugiriendo que derivan sus requisitos nutricionales del consumo de bacterias de los sitios con actividad hidrotermal e infiltraciones (Melwani y Kim, 2008).

Diversidad

Estudios comparativos han propuesto que los ecosistemas de infiltraciones presentan una mayor diversidad. La estructura comunitaria de los sitios de infiltraciones varía al igual que los fondos de sedimento (Doğan *et al.*, 2016) con la profundidad y tipo de hábitat. En infiltraciones frías del Atlántico, la mayor proporción de gasterópodos, bivalvos y otros moluscos se registró en sedimentos abisales y batiales con 18% y 13% (Bourque *et al.*, 2017). En sedimentos de ventilas, las comunidades son menos diversas en comparación a otros ecosistemas quimiosintéticos (Bernardino *et al.*, 2012) (Tabla 11). Lo anterior coincide con este estudio, ya que fue en los sedimentos blandos de infiltraciones frías donde se registró la mayor diversidad de moluscos.

Tabla 11. Diversidad de moluscos bentónicos de fondos blandos en los hábitats quimiosintéticos de infiltraciones frías y ventilas hidrotermales entre 1,500 y 2,000 metros de profundidad.

Ecosistema	Localidad (profundidad m)	Riqueza de especies/composición	Hábitat	Referencia
Infiltraciones				
	Blake Ridge Diapir (2,155 m)	2; mejillones batimodiolos (<i>Bathymodiolus heckeræ</i>) y almejas vesicomidas (<i>Vesicomya cf. venusta</i>)	Sedimento hemipelágico con carbonatos autigénicos e hidratos	Van Dover <i>et al.</i> , 2003
	Cuenca de Guaymas (1,150 m)	14 familias; Gasterópodos (9 familias), Bivalvos (5 familias)	Concreciones de carbonatos y sedimentos blandos	Portail <i>et al.</i> , 2015
	Mediterráneo suroeste frente a Israel (1,100-1,300 m)	20 familias; Gasterópodos (10 familias), Bivalvos (10 familias) con 7 especies exclusivas de ecosistemas quimiosintéticos	Sedimento con infiltración, pockmarks	Basso <i>et al.</i> , 2020
Ventilas				
	Cuenca de Guaymas (1,900 m)	9 familias; Gasterópodos (5 familias), Bivalvos (4 familias)	Edificios hidrotermales y sedimentos blandos	Portail <i>et al.</i> , 2015
	Mid-Atlantic Ridge (800-2,000 m)	6; Gasterópodos (<i>Laeviphitus</i> <i>desbruyeresi</i> , <i>Lepetodrilus</i> <i>atlanticus</i> , <i>Peltospira</i> <i>smaragdina</i> , <i>Divia briandi</i> , <i>Protolira valvatooides</i>) y mejillón (<i>Bathymodiolus azoricus</i>)	Edificios de origen volcánico/ hidrotermal	Sarrazin <i>et al.</i> , 2022

Similitud en la composición faunística entre hábitats

Las ventilas hidrotermales y las infiltraciones coinciden en componentes faunísticos en taxones superiores que, en el caso de moluscos, fueron los mejillones batimodiolos y las almejas vesicómidas. Sin embargo, en raros casos fueron las mismas especies las que coocurren en ambos ecosistemas. Entre las interpretaciones existentes, están los diferentes contextos tectónicos, las propiedades físicas y químicas de estos dos ecosistemas (Kiel, 2016). El número de especies compartidas incrementa cuando ambos ecosistemas y sus hábitats (e.g. tapetes bacterianos, agregaciones de gusanos de tubo) coocurren como es el caso del golfo de California.

El trabajo de Melwani (2005) reconoce diferencias entre la fauna del sedimento que rodea las infiltraciones frías en el talud de California y las ventilas hidrotermales someras en el golfo de California. Su estudio asocia estas diferencias a la naturaleza y calidad de las fuentes alimenticias para los bivalvos en el primer ecosistema y sus hábitats, y a la temperatura y química del agua intersticial en el sedimento del segundo ecosistema.

Este estudio mostró una diferencia en similitud en la composición y abundancia de la malacofauna de sedimentos blandos en hábitats de ventilas e infiltraciones en la Cuenca de Guaymas y margen de Sonora. Solamente una especie de gasterópodo se registró en ambos ecosistemas. En cuanto a la abundancia, hay que señalar que se muestreó mayor número de sitios de infiltraciones que de ventilas.

Variables ambientales

Levin (2005) señala que los hábitats de tapete microbiano se caracterizan por presentar concentraciones más altas de compuestos químicos reducidos como lo son el metano y el ácido sulfhídrico en comparación con las que se registran en hábitats de bivalvos vesicómidos. En este estudio las mayores concentraciones de metano y ácido sulfhídrico se observaron en los hábitats de tapetes microbianos de ventilas e infiltraciones y en el tapete de gasterópodos en infiltraciones.

La variación de moluscos en tapetes microbianos se ha atribuido al cambio en la infiltración de metano y sulfuros, y a la baja oxigenación con la profundidad del sedimento (Bernardino *et al.*, 2012). Los hábitats de mejillones se caracterizan por una reducida infiltración de metano y sulfuro en las inmediaciones del sedimento superficial (Levin, 2005), en contraste con el agua suprayacente donde se concentra metano (Levin *et al.*, 2003; Sahling *et al.*, 2002). En el sedimento con restos de conchas se ha reconocido un flujo espacial o temporal intermitente (Olu-Le Roy *et al.*, 2007). Los moluscos que habitan el sedimento por debajo de los tapetes microbianos son especies tolerantes a concentraciones de sulfuro, mientras que aquellas en las inmediaciones a los hábitats de mejillones, ocurren a lo largo de un gradiente de tolerancia (Bourque *et al.*, 2017).

La asociación de moluscos en los hábitats de infiltraciones en el margen de Sonora exhibe similitudes con otras localidades y diferencias en la interfase sedimento-agua. Los

moluscos que habitan la interfase sedimento agua, especialmente en la frontera óxica-anóxica, cuentan con asociaciones simbióticas con bacterias oxidantes del azufre y/o del metano. Estas asociaciones, comunes en bivalvos de las familias Solemyidae, Nucinellidae, Montacutidae, Mytilidae, Thyasiridae, Lucinidae, Vesicomidae (Taylor y Glover, 2010) les da ventajas metabólicas permitiéndoles habitar diversos estratos del sedimento, en infiltraciones frías, ventilas hidrotermales (Dreier y Hoppert, 2014), cadáveres de ballenas y depósitos de madera (Dubilier *et al.*, 2008) en el mar profundo. En algunos casos, esta relación es obligada, p.e. Lucinidae, Vesicomidae y Solemyidae (Taylor y Glover, 2010).

El papel que los moluscos llevan a cabo en la interfase sedimento-agua y al interior del sedimento, es un servicio ecosistémico fundamental. Éste es vía de la bioturbación y bioirrigación; estos dos son el resultado de enterramiento y alimentación que ayudan a la mezcla y renovación del agua intersticial (Norkko y Shumway, 2011) y remineralización de la materia orgánica y almacén de carbono.

CONCLUSIONES

- La diversidad de moluscos bentónicos de fondos blandos de los hábitats quimiosintéticos de la cuenca de Guaymas y del margen de Sonora, considerando la planicie abisal como sitio de referencia fue de 287 organismos, pertenecientes a 4 especies, 7 morfoespecies, 7 géneros y 9 familias.
- El 58% (168 individuos) representan organismos con concha y cuerpo blando y el 42% restante (120 individuos) está representado por conchas vacías.
- La composición y riqueza de especies de moluscos de fondos blandos en infiltraciones frías fue de cuatro clases (Gastropoda, Bivalvia, Caudofoveata y Solenogastres), dos clases (Gastropoda y Bivalvia) en ventilas hidrotermales, mientras que en el hábitat abisal inmediato solamente se reconoció una clase (Solenogastres).
- La abundancia de moluscos de fondos blandos en los distintos hábitats quimiosintéticos y planicie abisal fue en infiltraciones frías de 264 ejemplares, de los cuales 160 (61%) son de la clase Bivalvia, 100 (38%) de la clase Gastropoda, 3 de la clase Caudofoveata y 1 de Solenogastres (1%). En ventilas hidrotermales se reconoció una abundancia de moluscos con 23 ejemplares, de los cuales 20 (87%) son de la clase Gastropoda y 3 (13%) de la clase Bivalvia.
- En ambos ecosistemas quimiosintéticos, la abundancia difiere entre hábitats, en ambos, los mayores valores ocurren en el hábitat de Vesicómidos *Archivesica gigas* y con la profundidad al interior del sedimento, con los valores más bajos a mayor profundidad al interior del sedimento. A diferencia de los sistemas sostenidos por quimiosíntesis, la abundancia del hábitat abisal inmediato sólo registró un individuo de la clase Solenogastres.
- La similitud faunística entre ventilas e infiltraciones fue para dos de cuatro clases (Gastropoda y Bivalvia). La similitud con la planicie abisal vecina existió solamente con las infiltraciones frías con la presencia de la clase (Solenogastres) en ambas.
- La relación de la malacofauna con las variables ambientales, presencia de metano y bajas temperaturas en infiltraciones frías reflejan en mayor riqueza de especies y

abundancia. La temperatura elevada y ácido sulfhídrico en ventilas hidrotermales, afectaron reduciendo la riqueza y abundancia de moluscos.

- La composición y riqueza de especies de moluscos bentónicos de fondos blandos es compartida entre la planicie abisal y algunos de los hábitats quimiosintéticos, aunque su abundancia difiera.

LITERATURA CITADA

(Formato APA 5ta edición)

- Allen, J.A. (1993). A new deep-water hydrothermal species of *Nuculana* (Bivalvia: Protobranchia) from the Guaymas Basin. *Malacologia* (35), 141-151.
- Basso, D., Beccari, V., Almogi-Labin, A., Hyams-Kaphzan, O., Weissman, A., Makovsky, Y., Rüggeberg, A. & Spezzaferri, S. (2020). Macro- and micro-fauna from cold seeps in the Palmahim Disturbance (Israeli off-shore), with description of *Waisiuconcha corsellii* n.sp. (Bivalvia, Vesicomidae). *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 171.
- Bazylinski, D., Frankel, R. & Jannasch, H. (1988). Anaerobic magnetite production by a marine, magnetotactic bacterium. *Nature* 334, 518-519.
- Bernard, F. (1974). The genus *Calyptogena* in British Columbia with a description of a new species. Bivalvia, Vesicomidae). *Venus*, 33: 11-22.
- Bernardino, A.F., Levin, L.A., Thurber, A.R. & Smith, C.R. (2012). Comparative Composition, Diversity and Trophic Ecology of Sediment Macrofauna at Vents, Seeps and Organic Falls. *PLoS One*, 7.
- Bettencourt, R., Pinheiro, M., Egas, C., Gomes, P., Afonso, M., Shank, T., y otros. (2010). High-throughput sequencing and analysis of the gill tissue transcriptome from the deep-sea. *BMC Genomics* (11), 559.
- Biddle, J., Cardman, Z., Mendlovitz, H., Albert, D.B., Lloyd, K.G., Boetius, A. & Teske, A. (2012). Anaerobic oxidation of methane at different temperature regimes in Guaymas Basin hydrothermal sediments. *ISME Journal* 6, 1018-1031.
- Boss, K.J., & Turner, R.D. (1980). The giant white clam from the Galapagos Rift, *Calyptogena magnifica* species novum. *Malacologia*, 20(1): 161-194.
- Bouchet, P., Lozouet, P., Maestrati, P. & Heros, V. (2002). Assessing the magnitude of species richness in tropical marine environments: exceptionally high numbers of molluscs at a New Caledonia site. *Biological Journal of the Linnean Society*, 75: 421-436.
- Bourque J.R., Robertson, C.M., Brooke, S. & Demopoulos, A.W.J. (2017). Macrofaunal communities associated with chemosynthetic habitats from the U.S. Atlantic margin: A comparison among depth and habitat types. *Deep-Sea Research II* 137 42-55.
- Campbell, A.C. & Gieskes, J.M. (1984). Water column anomalies associated with hydrothermal activity in the Guaymas Basin, Gulf of California. *Earth and Planetary Science Letters*. 68: 57-72.
- Cary, S. & Felbeck, H. (1989). Habitat characterization and nutritional strategies of the endosymbiont-bearing bivalve *Lucinoma aequizonata*. *Marine Ecology Progress Series* 55: 31-45.
- Castañón Barrientos, A. (2009). Análisis comparativo de bioacumulación de metales pesados en tejidos del gusano gigante *Riffia pachyptila* Jones, 1981 (Annelida: Siboglinidae) del sistema hidrotermal de la Cuenca de Guaymas, Golfo de California, en relación con otros organismos. *Tesis profesional, Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México*, 47.
- Coan, E. V., & Valentich-Scott, P. (2012). *Bivalve Seashells of Tropical West America: Marine Bivalve Mollusks from Baja California to Northern Peru*. Santa Barbara, California: Santa Barbara Museum of Natural History.
- CONANP, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2006). *Estudio Previo Justificativo para el establecimiento del Santuario Ventilas Hidrotermales de la Cuenca de Guaymas y la Dorsal del Pacífico Oriental*. México, D.F.

- Dall, W.H. (1896). Diagnoses of new species of mollusks from the west coast of America. *Proceedings of the United States National Museum*, 18 (1034): 7–20.
- De la Lanza Espino, G. (1991). *Oceanografía de mares mexicanos*. México, D.F.: A.G.T. Editor.
- De la Lanza Espino, G., & Soto, L. A. (1999). Sedimentary geochemistry of hydrothermal vents in Guaymas Basin, Gulf of California, México. *Applied Geochemistry* (14), 499-510.
- Desbruyères, D.J., Segonzac, M., & Bright, M. (2006). *Handbook of Deep-Sea Hydrothermal Vent Fauna* (2 ed.). Denisia.
- Dhillon, A., Teske, A., Dillon, J., Stahl, D.A. & Sogin, M.L. (2003). Molecular characterization of sulfate-reducing bacteria in the Guaymas Basin. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(5):2765-72.
- Dog̃an, A.B., Öztürk, Bitlis-Bakir, B. & Türkçü, N. (2016). Soft Bottom Molluscan Assemblages of the Bathyal Zone of the Sea of Marmara. *Mediterranean Marine Science*, 17(3): 678–691.
- DOF, Diario Oficial de la Federación. (2009). *Decreto SEMARNAT, 05 junio 2009*. México, D.F.
- Dreier, A. & Hoppert, M. (2014). Following the traces of symbiont bearing molluscs during earth history. *Göttingen Contributions to Geosciences* 77: 83-97.
- Dublier, N., Bergin, C. & Lott, C. (2008). Symbiotic diversity in marine animals: the art of harnessing chemosynthesis *Nature Reviews Microbiology* 6: 725-740.
- Duhaime, M. (2003). Phylogenetics of vestimentiferan symbionts from Guaymas Basin using the 16S and RuBisCO genes.
- Duperron, S. (2010). The Diversity of Deep-Sea Mussels and Their Bacterial Symbioses. En S. Kiel, *The vent and seep biota* (págs. 137-167). Topics in Geobiology.
- Dushane, H., & Poorman, R. (1967). A checklist of mollusks for Guaymas, Sonora, Mexico. *Veliger* (9), 4.
- Escobar-Briones, E. (2000). La biodiversidad del mar profundo en México. *CONABIO. Biodiversitas* (29), 1-6.
- Escobar-Briones, E., Morales, P., Cienfuegos, E., & González, M. (2002). Carbon sources and trophic position of two abyssal species of Anomura. *Munidopsis alvisca* (Galatheidae) and *Neolithodes diomedea* (Lithodidae). En M. E. Hendrickx, *Contributions to the Study of East Pacific Crustaceans* (págs. 37-43). Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.
- Escobar-Chicho, M. (2011). Estudio biogeoquímico de la anémona *Paraphelliactis pabista* (Actiniaria: Hormathiidae) presente en el sistema hidrotermal profundo de la Cuenca de Guaymas, Golfo de California. *Tesis de Maestría, Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 48. México, D.F.
- Fonselius, S.H. (1983). Determination of hydrogen sulphide. En Grasshoff, E. et al. (eds.), *Methods of seawater analysis*. Verlag Chemie.
- Gage, J. & Tyler, P. A. (1991). *Deep-sea biology: A natural history of organisms at the deep-sea floor*. University of Cambridge. Great Britain, 504 pp.
- Galván-Bazán, R. (2011). Composición de tallas de una población de *Provanna goniata* (Gastropoda: Provannidae) de un sitio con actividad hidrotermal al sur de la cuenca de Guaymas, Golfo de California, México. *Tesis profesional, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México*, 64. México, D.F.
- Garcés Salazar, J.L. (2011). Micromoluscos bivalvos de la bahía de Acapulco, Guerrero, México: composición específica y diversidad. *Tesis profesional, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México*, 75. México, D.F.

- García-Cubas, A. (1969). Ecología y distribución de los micromoluscos de la laguna de Tamiahua, Veracruz, México. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín 91: 1-80.
- García-Tello, I. (2013). Moluscos gasterópodos de la bahía de Acapulco, Guerrero, México: sistemática e indicadores ecológicos. *Tesis profesional, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México*, 86. México, D.F.
- Geiger, D.L., Marshall, B.A., Ponder, W.F., Sasaki, T., & Warén, A. (2007). Techniques for collecting, handling, preparing, storing and examining small molluscan specimens. *Molluscan Research*, 27 (1), 1-50.
- Giere, O. (2009). Meiobenthology: The microscopic fauna in aquatic sediments. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 328 pp.
- Gieskes, J.M., Kastner, M., Einsele, G., Kelts, K., & Niemitz, J. (1982). Hydrothermal activity in the Guaymas Basin. Gulf of California: a synthesis. En J. R. Curray, & D. G. Morre, *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project* (Vol. 64, págs. 1159-1168). Washington.
- Grassle, J.F. (1989). Species diversity in deep-sea communities, *Trends in Ecology & Evolution*, 4 (1): 12-15.
- Hendrickx, M.E., Brusca, R.C., & Findley, L.T. (2005). *A Distributional Checklist of the Macrofauna of the Gulf of California, Mexico. Part I. Invertebrates*. Arizona-Sonora Desert Museum.
- Higgins, R.P., & Thiel, H. (1988). *Introduction to the study of meiofauna*. Washington D.C.: Smithsonian Institution Press.
- Johnson, K.S., Childress, J.J., Beehler, C.L. & Sakamoto, C.M. (1994). Biogeochemistry of hydrothermal vent mussel communities: the deep-sea analogue to the intertidal zone, *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 41 (7): 993-1011.
- Jones, M.L. (1985). On the Vestimentifera, new phylum: six new species, and other taxa, from hydrothermal vents and elsewhere. *Bulletin of the Biological Society of Washington*, 6: 117-158.
- Kamenev, G.M., Fadeev, V.I., Selin, N.I., Tarasov, V.G. & Malakhov, V.V. (1993). Composition and distribution of macro- and meiobenthos around sublittoral hydrothermal vents in the Bay of Plenty, New Zealand, *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 27 (4): 407-418.
- Kenk, V.C., & Wilson, B.R. (1985). A new mussel (Bivalvia, Mytilidae) from hydrothermal vents, in the Galapagos Rift zone. *Malacologia*, 26(1-2): 253-271.
- Hovland, M. (2002). On the self-sealing nature of marine seeps. *Continental Shelf Research*, 22 (16), 2387-2394.
- Keen, M. 1971. *Sea Shells of Tropical West America. Marine Mollusks from Baja California to Peru*. Stanford University Press. Stanford. 1064 pp.
- Kiel, S. (2016). A biogeographic network reveals evolutionary links between deep-sea hydrothermal vent and methane seep faunas. *Proceedings of the Royal Society B* 283:2016.
- Levin, L.A., W., Ziebis, G.F., Mendoza, V.A., Growney, M.D., Tryon, K.M., Brown, C., Mahn, J., Gieskes & Rathburn, A.E. (2003). Spatial heterogeneity of macrofauna at northern California methane seeps: influence of sulfide concentration and fluid flow. *Marine Ecology Progress Series* 265: 123-139.
- Levin, L.A. (2005). Ecology of cold seep sediments: interactions of fauna with flow, chemistry and microbes. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 43: 1-46.
- Levin, L.A. & Sibuet, M. (2012). Understanding continental margin biodiversity: a new imperative. *Annual review of marine science*, 4 (1), 79-112.
- Lonsdale, P.F., Bischoff, V.M., Burns, V.M., Kastner, M., & Sweeney, R.E. (1980). A high temperature hydrothermal deposit on the seabed at gulf of California spreading center. *Earth and Planetary Science Letters* (49), 8-20.

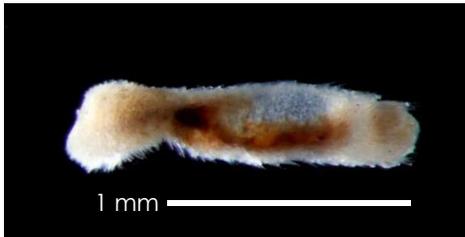
- Melwani, A. (2005). Community patterns in geothermally influenced sediments: an infaunal perspective. California State University, Monterey Bay. Tesis de maestría. 159 pp.
- Melwani, A. & Kim, S.T. (2008). Benthic infaunal distributions in shallow hydrothermal vent sediments. *Acta Ecologica* 22, 162-175.
- Norkko, J. & Shumway, S.E. (2011). Bivalves as bioturbators and bioirrigators. In: Shumway SE (Ed) Shellfish Aquaculture and the Environment. John Wiley & Sons, Inc. pp: 297- 317.
- Olu-Le Roy, K., Caprais, J.C., Fifi, A., Fabri, M.C, Galeron, J., Budzinsky, H., Le Menach, K., Khripounoff, A., Ondreas, H. & Sibuet, M. (2007). Cold-seep assemblages on a giant pockmark off West Africa: spatial patterns and environmental control. *Marine Ecology* 28: 115–130.
- Paull, C.K., Ussler, W., Peltzer, E.T., Brewer, P., Keaten, R., & Mitts, P. (2007). Authigenic carbon entombed in methane-soaked sediments from the northeastern transform margin of the Guaymas Basin, Gulf of California. *Deep Sea Research. Part II. Tropical Studies in Oceanography* , 54 (11-13), 1240-1267.
- Petrecca, R.F., Grassle, J.F. (1990). Notes on Fauna from Several Deep-Sea Hydrothermal Vent and Cold Seep Soft-Sediment Communities. In: McMurray, G.R. (eds) Gorda Ridge. Springer, New York, NY.
- Pielou, E.C. (1975). Ecological diversity. John Wiley & Sons. New York. 165 pp.
- Ponder, W., & Lindberg, D. (2008). *Phylogeny and Evolution of the Mollusca*. Los Angeles, California: University of California Press.
- Portail, M., Olu, K., Escobar-Briones, E., Caprais, J. C., Menot, L., Waeles, M., Cruaud, P., Sarradin, P. M., Godfroy, A. & Sarrazin, J. (2015). Comparative study of vent and seep macrofaunal communities in the Guaymas Basin. *Biogeosciences*, (12), 5455-5479.
- Ramirez-Llodra, E., Brandt, A., Danovaro, R., De Mol, B., Escobar, E., German, C. R., Levin, L. A., Martinez Arbizu, P., Menot, L., Buhl-Mortensen, P., Narayanaswamy, B. E., Smith, C. R., Tittensor, D. P., Tyler, P. A., Vanreusel, A., & Vecchione, M. (2010). Deep, diverse and definitely different: unique attributes of the world's largest ecosystem, *Biogeosciences*, (7), 2851–2899.
- Ramírez-Ortega, D.B. (2011). Análisis de pigmentos y diatomeas en sedimentos relacionados con las ventilas hidrotermales de la Cuenca de Guaymas, Golfo de California. *Tesis profesional, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México* , 61. México, D.F.
- Sahling, H., D., Rickert, R.W., Lee, P., Linke & Suess, E. (2002). Macrofaunal community structure and sulfide flux gas hydrate deposits from the Cascadia convergent margin, NE Pacific. *Marine Ecology Progress Series* 231: 121–138.
- Salvini-Plawen, L.V. (1978). Antarktische und subantarktische Solenogastres (eine Monographie: 1898-1974). *Zoologica (Stuttgart)*, 128: 1–305.
- Salvini-Plawen, L.V., & Öztürk, B. (2006). New records of Caudofoveata (*Falcidens gutturosus*, *Prochaetoderma raduliferum*) and of Solenogastres (*Eleutheromenia carinata* spec. nov.) (Mollusca) from the eastern Mediterranean Sea. *Spixiana*, 29 (3), 217-224.
- Sarrazin, J., Cathalot, C., Laës-Huon, A., Marticorena, J., Michel, L. & Matabos, M. (2022). Integrated Study of New Faunal Assemblages Dominated by Gastropods at Three Vent Fields Along the Mid-Atlantic Ridge: Diversity, Structure, Composition and Trophic Interactions. *Frontiers in Marine Science*.
- Sasaki, T., Okutani, T., & Fujikura, K. (2005). Molluscs from Hydrothermal Vents and Cold Seeps in Japan: A Review of Taxa Recorded in Twenty Recent Years (1984-2014). *Venus* , 64 (3-4), 87-133.
- Sasaki, T., Warén, A., Kano, Y., & Fujikura, K. (2010). Gastropods from recent hot vents and cold seeps: systematics, diversity and life strategies. En S. Kiel, *The vent and seep biota* (págs. 169-254). Topics in Geobiology.

- Scheltema, A.H., & Schander, C. (2000). Discrimination and phylogeny of Solenogaster species through the morphology of hard parts (Mollusca, Aplacophora, Neomeniomorpha). *Biological Bulletin*, 198, 121-151.
- Shasky, D.R. (1960). Deep water collecting off Guaymas, Mexico. *Veliger* (3), 22-23.
- Skoglund, C. (2001). Panamic province molluscan literature. Additions and changes from 1971 through 2000. I. Bivalvia. *The Festivus* 32 Sup. 1-119.
- Sibuet, M. & Olu, K. (1998). Biogeography, biodiversity and fluid dependence of deep-sea cold-seep communities at active and passive margins, *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 45 (1-3), 517-567.
- Snelgrove, P. & Grassle, J. F. (2001). Deep-sea Fauna. *Encyclopedia of Ocean Sciences*. Academic Press. 676-687.
- Soto, L.A. & Grassle, J.F. (1988). Megafauna of hydrothermal vents in Guaymas Basin, Gulf of California. Joint Oceanographic Assembly, Abstract 488, p. 105.
- Southward, A.J., Southward, E.C., Dando, P., Hughes, J.A., Kennicutt, M.C., Herrera-Alcala, J. & Leahy, Y. (1997). Behaviour and Feeding of the Nassariid Gastropod Cyclope Neritea, Abundant at Hydrothermal Brine Seeps off Milos (Aegean Sea). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 77. 753 - 771.
- Sturm, C.F., Pearce, T.A., & Valdés, A. (2006). *The mollusks: a guide to their study, collection, and preservation*. Pittsburg: American Malacological Society.
- Tapia Díaz, P. (2018). Micromoluscos de Nayarit, sistemática e indicadores ecológicos. *Tesis profesional, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México*, 56. México, D.F.
- Tarasov, V.G., Gebruk, A., Mironov, A.N. & Moskalev, L.I. (2005). Deep-sea and shallow-water hydrothermal vent communities: Two different phenomena?, *Chemical Geology*. 224. 5-39.
- Taylor, J.D. & Glover, E.A. (2010). Chemosymbiotic bivalves. In: Kiel, S. (ed.): *The Vent and Seep Biota: Aspects from Microbes to Ecosystems*. Dordrecht Topics in Geobiology 33 (Springer): 107-135.
- Tittensor, D.P., Rex, M., Stuart, C.T., McClain, C.R., & Smith, C.R. (2011). Species-energy relationships in deep-sea mollusks. *Biology Letters*, 5.
- Tunnicliffe, V., Juniper, S.K., & Sibuet, M. (2003). Reducing environments of the deep-sea floor. *Ecosystems of the World*, Chapter 4, 81-110.
- Turnipseed, M., Jenkins, C.D. & Van Dover, C.L. (2004). Community structure in Florida Escarpment seep and Snake Pit (Mid-Atlantic Ridge) vent mussel beds. *Marine Biology* 145, 121-132.
- Tyler, P., German, C., Ramirez-Llodra, E. & Dover, C. (2003). Understanding the biogeography of chemosynthetic ecosystems. *Oceanologica Acta* (25) 227-241.
- UNEP. (2007). *Deep-Sea Biodiversity and Ecosystems: A scoping report on their socio-economy, management and governance*.
- Van Dover, C. L. (2000). *The Ecology of Deep-Sea Hydrothermal Vents*. Princeton University Press. 424 pp.
- Van Dover, C. L. (2002). Trophic relationships among invertebrates at the Kairei hydrothermal vent field (Central Indian Ridge). *Marine Biology* (141), 761-772.
- Van Dover, C.L., Aharon, P., Bernhard, J., Caylor, E., Doerries, M., Flickinger, W., Gilhooly, W., Goffredi, S., Knick, K., Macko, S., Rapoport, S., Raulfs, E.C., Ruppel, C., Salerno, J., Seitz, R., Sen Gupta, B., Shank, T., Turnipseed, M. & Vrijenhoek, R. (2003). Blake Ridge methane seeps: Characterization of a soft-sediment, chemosynthetically based ecosystem. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*. 50: 281-300.

- Van Dover, C.L., Smith, C.R., Ardron, J., Arnaud, S., Beaudoin, Y., Bezaury, J. (2011). *Environmental management of deep-sea chemosynthetic ecosystems: justification of and considerations for a spatially-based approach*. Kingston, Jamaica: ISA Technical study, No. 9. International Seabed Authority.
- Warén, A. & Bouchet, P. (1986). Revision of the Northeast Atlantic bathyal and abyssal Aclididae Eulimidae, Epitonidae (Mollusca, Gastropoda). *Bollettino Malacologico*. suppl. 2: 297-576.
- Warén, A., & Bouchet, P. (1989). New gastropods from East Pacific hydrothermal vents. *Zoologica Scripta*, 18(1): 67-102.
- Warén, A., & Ponder, W.F. (1991). New species, anatomy, and systematic position of the hydrothermal vent and hydrocarbon seep gastropod family Provannidae fam.n. (Caenogastropoda). *Zoologica Scripta*, 20(1): 27-56.
- Warén, A. & Bouchet, P. (1993). New records, species, genera, and a new family of gastropods from hydrothermal vents and hydrocarbon seeps. *Zoologica Scripta*. 22: 1-90.
- Warén, A., & Bouchet, P. (2001). Gastropoda and Monoplacophora from hydrothermal vents and seeps; new taxa and records. *Veliger* (44), 116-231.
- Webb, M. (1969). *Lamellibrachia barhami*, gen. nov. sp. nov. (Pogonophora), from the Northeast Pacific. *Bulletin of Marine Science*, 19(1):18-47.
- Weiss, V. & Hilbig, B. (1992). Redescription of *Ophryotrocha platykephale* Blake (Polychaeta, Dorvilleidae) from the Guaymas Basin hydrothermal vents. *Bulletin Southern California Academy of Sciences*. 91: 92-96.
- Zamorano, P., Hendrickx, M.E., & Toledano-Granados, A. (2007). New geographic and depth records for deep-water mollusks in the Gulf of California, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 78 (2), 311-318.

ANEXOS

ANEXO I. Catálogo fotográfico de los micromoluscos encontrados en ventilas hidrotermales e infiltraciones frías de la cuenca de Guaymas y el margen de Sonora, México.



***Chaetoderma* sp.** Lovén, 1904 / ***Falcidens* sp.** Salvini-

Plawen, 1968 ⁽¹⁾

Diagnosis: Cuerpo dividido en cuatro regiones anterior, cuello, tronco y posterior. Escleritas de forma lanceolada a lo largo de todo el cuerpo; de menor talla aquellas localizadas en la región anterior. Escudo bucal localizado en la región anterior. Rádula desconocida. Se asocian a fondos blandos.

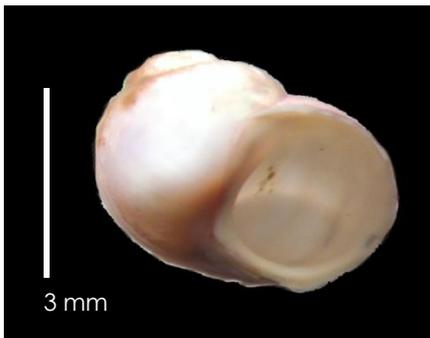
Dimensiones: 1.3 mm de longitud.



***Solenogastres* sp.** Gegenbaur, 1878 ⁽²⁾

Diagnosis: Clase de moluscos que se caracterizan por presentar espículas de aragonita, carecen de ctenidios y poseen un característico surco ventral dentro del cual se encuentra el pie. Su aparato digestivo es simple y presenta una región sensorial en la parte anterior de la boca denominada vestíbulo u órgano arterial. El intestino no está compartimentalizado y se presenta una combinación del estómago, la glándula y tracto digestivos. Poseen una gónada hermafrodita y fertilización interna. Durante su desarrollo se presenta una larva de tipo trocófora-lecitotrófica. Son moluscos carnívoros y se alimentan principalmente de hidrozoos. Se asocian a fondos blandos.

Dimensiones: 1.2 mm de longitud.



***Neritidae* sp.** Rafinesque, 1815 ⁽³⁾

Diagnosis: Familia de gasterópodos caracterizados por presentar conchas con espira corta, forma globular. Labio interno con un callo presente. No presenta nácar la concha.

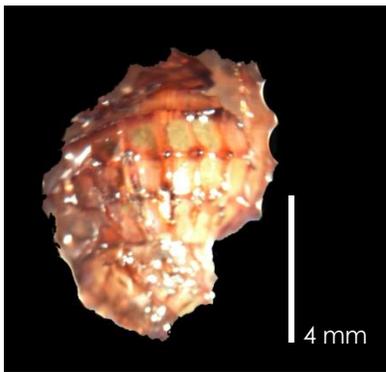
Dimensiones: 3.1 mm de longitud y 3.7 mm de ancho.



Phenacolepadidae sp. Pilsbry, 1895 ⁽⁴⁾

Diagnosis: Familia de gasterópodos caracterizados por presentar una concha con forma auricular la cual asemeja una oreja. Concha pequeña blanca, frágil, con superficie lisa con escultura estriada radial.

Dimensiones: 1 mm de longitud y 1.2 mm de ancho.



Provanna goniata Warén & Bouchet, 1986 ⁽⁵⁾

Diagnosis: Concha bastante grande, frágil, de un aspecto un tanto espinoso con periostraco parduzco o verdoso; ápice destruido en ambas muestras. Al menos 6 espirales pueden ser inferidas. Escultura de fuertes nervios axiales que se extienden desde la sutura, más fuerte en la parte central y producen pequeñas espinas en las intersecciones con la escultura espiral. Una fuerte quilla espiral y la costilla más débil a continuación en los verticilos apicales; en verticilos inferiores, quilla menos prominente y una nervadura intercalar mucho más débil. Nervios axiales se detienen en la quilla basal superior. Unas costillas espirales adicionales fuertes y 2-3 muy en el área basal. Líneas de crecimiento indistintas; abertura grande y amplia; callo parietal débil; labio exterior delgado; esquina inferior izquierda aplanada y angulada.

Dimensiones: 7mm de longitud y 4 mm de ancho.



Provanna laevis Warén & Ponder, 1991 ⁽⁶⁾

Diagnosis: Concha con mucha corrosión en todas las muestras, no hay conchas con más de 2.5 espirales; bastante grande, de apariencia melanoide, lisa, con un fuerte periostraco marrón, verdoso; suturas poco profundas y difíciles de ver, a no ser llenado por la suciedad. Abertura alta y con forma de pera, con una profunda muesca sifonal.

Dimensiones: 10.0 mm de longitud y 5 m de ancho.



Hyalogyrina grasslei Warén & Bouchet, 1993 ⁽⁷⁾

Diagnosis: Concha redonda y globular, vítrea, frágil, por lo general consiste en menos de 1.5 vueltas espirales, separadas por una sutura profunda y con un ombligo profundo. La concha de las larvas tiene un diámetro de 210 μ m, se compone de 0.6-0.7 vueltas lisas con un pequeño núcleo que está parcialmente oculto por la parte posterior de la protoconcha. La teleoconcha es uniforme, redondeada y separada por una sutura profunda. La parte final de la espira es generalmente disjunta. La concha es muy delgada y cubierta por un delgado periostraco, transparente e incoloro. No presenta una escultura evidente, a excepción de las finas líneas de crecimiento. La abertura es redondeada y tiene un labio exterior ligeramente flexible. El ombligo es simple, profundo, y más amplio en ejemplares grandes.

Dimensiones: 2.6 mm de longitud.



Tindariopsis grasslei (J. A. Allen, 1993) ⁽⁸⁾

Diagnosis: Concha ovada-elipsoide, moderadamente comprimida; de longitud moderada, sin punta; escultura de fuertes costillas ampliamente espaciadas; extremo posterior con estrías comarginales; periostraco adherente, de color marrón oliváceo, opaco; lúnula estrecha, alargada, débilmente impresa; escudo moderadamente ancho, alargado, débilmente impreso, levantado posteromedialmente; ligamento externo moderadamente largo, estrecho, con ligamento interno muy pequeño y resilifer pequeño; charnela ancha, con 1 a 7 dientes anteriores y 13 a 25 dientes posteriores.

Dimensiones: hasta 26 mm de longitud.



***Tindaria* sp.** Bellardi, 1875 ⁽⁹⁾

Diagnosis: Concha sólida, inflada, ovada; periostraco adherente; escultura de estrías, a menudo obsoleta; umbos de tipo prosogirado; charnela arqueada, fuerte; dientes taxodontos dispuestos en series continuas, diminutos en sección central; ligamento externo, parcialmente hundido en una ranura; sifones ausentes; manto con papilas conspicuas; palpos labiales pequeños; branquias pequeñas, oblicuas. Estas pequeñas conchas sólidas son difíciles de identificar.

Dimensiones: hasta 1.2 mm de longitud.





Yoldiella sp. A. E. Verrill & Bush, 1897 ⁽¹⁰⁾

Diagnosis: Concha inflada; extremo posterior redondeado; periostraco iridiscente, adherente; escultura generalmente ausente, pero las estrías comarginales débiles o las líneas del crecimiento pueden estar presentes; escudo y lúnula oscuros; charnela débil, con los dientes taxodontos en dos series; ligamento con pequeña porción externa; resilifer ancho, seno palial pequeño; sifón en tubo, grueso, cerrado.

Dimensiones: hasta 6 mm de longitud.



Nucinella sp. S. V. Wood, 1851 ⁽¹¹⁾

Diagnosis: Concha inflada ovoide, frágil; de tamaño diminuto, no presenta nácar; charnela con uno o dos dientes lamelares y varios dientes cardinales. No presenta resilifer.

Dimensiones: hasta 1 mm de longitud.

ANEXO II. Abundancia de especies de micromoluscos vivos en los hábitats de infiltraciones frías del Margen de Sonora, México.

Ecosistema	Infiltraciones frías																	T o t a l
	Tapete microbiano			Vesicómidos A			Vesicómidos P					Siboglínidos				Tapete gasterópodo		
	1754-10		1758-14	1756-12			1759-15		1760-16			1759-15		1761-17		1762-18		
Hábitat	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	
<i>Chaetoderma</i> sp. / <i>Falcidens</i> sp.				3														3
<i>Solenogastres</i> sp. <i>Neritidae</i> sp.				1														1
<i>Phenacolepadidae</i> sp. <i>Provanna goniata</i>																	1	1
<i>Provanna laevis</i>				1					3									4
<i>Hyalogyrina grasslei</i>	2		2	1		2									1			37
<i>Tindariopsis grasslei</i>	12	12		1	7	6	10	2	9	8			2					7
<i>Tindaria</i> sp.																		
<i>Yoldiella</i> sp.	4		3		4	3			1									15
<i>Nucinella</i> sp.																	4	4
Abundancia total por réplica (28.2744 cm²)	18	12	5	7	11	11	10	2	13	8	0	0	2	0	1	0	49	149
Abundancia promedio por réplica	6	12	3	1	6	4	10	2	4	8	0	0	2	0	1	0	12	71
Desviación estándar por réplica	5	0	1	1	2	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	17	32
Abundancia promedio por hábitat		12			10				7				1				25	
Desviación estándar por hábitat		7			2				5				1				35	

ANEXO III. Abundancia de especies de micromoluscos vivos en los hábitats de ventilas hidrotermales de la cuenca de Guaymas, Sonora, México y planicie abisal.

Ecosistema	Ventilas hidrotermales						Planicie abisal			T o t a l
	Tapete microbiano			Vesicómidos A			Lodo abisal			
Hábitat										
Estación	1764-20	1765-21		1768-24	1770-26		1771-27			
Réplica	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
<i>Chaetoderma</i> sp. / <i>Falcidens</i> sp.										
Solenogastres sp.							1			1
Neritidae sp.										
Phenacolepadidae sp.										
<i>Provanna goniata</i>										
<i>Provanna laevis</i>		3	1	2						17
<i>Hyalogyrina grasslei</i>										
<i>Tindariopsis grasslei</i>										
<i>Tindaria</i> sp.					1					1
<i>Yoldiella</i> sp.										
<i>Nucinella</i> sp.										
Abundancia total por réplica (28.2744 cm²)	0	3	1	2	1	11	1	0	0	19
Abundancia promedio por réplica	0	3	1	2	1	11	1	0	0	19
Desviación estándar por réplica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abundancia promedio por hábitat		1			5			0		
Desviación estándar por hábitat		2			6			0		