



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

—
—
FACULTAD DE CIENCIAS

ESTRUCTURA COMUNITARIA DE LOS MOLUSCOS
(CLASES: BIVALVIA, GASTROPODA Y SCAPHOPODA),
DEL SUROESTE DEL GOLFO DE MÉXICO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
B I O L O G O
P R E S E N T A
LEON FELIPE ALVAREZ SANCHEZ



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM

DIRECTORA DE TESIS: DRA. ELVA GUADALUPE ESCOBAR BRIONES

2006



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESTRUCTURA COMUNITARIA DE LOS MOLUSCOS
(CLASES: BIVALVIA, GASTROPODA Y SCAPHOPODA)
DEL SUROESTE DEL GOLFO DE MÉXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G O

P R E S E N T A:

LEÓN FELIPE ÁLVAREZ SÁNCHEZ

DIRECTORA DE TESIS: DRA. ELVA GUADALUPE ESCOBAR BRIONES



Datos del alumno.

Alvarez
Sánchez
León Felipe
5424 5213
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología

Datos del tutor.

Doctora
Elva Guadalupe
Escobar
Briones

Datos del sinodal 1.

Doctor
Javier
Alcocer
Durand

Datos del sinodal 2.

Doctora
María Martha
Reguero
Reza

Datos del sinodal 3.

Doctor
Francisco Javier
Vega
Vera

Datos del sinodal 4.

Maestra en Ciencias
Diana Raquel
Hernández
Robles

Datos del trabajo escrito.

Estructura comunitaria de los moluscos (Clases: Bivalvia, Gastropoda y Scaphopoda) del suroeste del Golfo de México
48 páginas
2006

A mi madre...

Agradecimientos

- El financiamiento de investigación que cubrió el costo del tiempo en el buque, trabajo de laboratorio y adquisición de material SEP-CONACyT 40158 "Variación de la estructura comunitaria del bentos abisal en el Golfo de México".
- Las becas de licenciatura y como tesista otorgadas por el proyecto PAPIIT IN224503 "Riqueza taxonómica de la fauna asociada al mar profundo del Golfo de México: Etapa 2, el Cañón de Campeche".
- La ayuda económica otorgada por la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) para la elaboración del proyecto BE013 "Base de datos de fauna batial, abisopelágica y abisal de México"
- El apoyo institucional durante la gestión del Dr. Adolfo Gracia Gasca.
- Al Dr. Gilbert T. Rowe de la Texas A & M University, que en colaboración con la UNAM realizó la campaña oceanográfica DGoMB-JSSD del MMS por el contrato 1435-01-99-CT-30991TAMU.
- Las tripulaciones de los buques oceanográficos *Justo Sierra* y *Gyre*, por su ayuda en las maniobras de cubierta.
- Dra. Elva Escobar-Briones por su dirección, paciencia, consejos y ayuda que hicieron posible la realización y finalización de esta tesis.
- Los sinodales Dr. Javier Alcocer, Dra. Martha Reguero, Dr. Francisco Vega y M. en C. Diana Hernández por sus apreciables correcciones y comentarios a la tesis, con los cuales mejoró significativamente.
- Dr. Pierre Legendre, Universidad de Montreal por su ayuda en el análisis multivariado de los resultados.
- M. en C. Manuel González por sus consejos en estadística.
- Mis grandes amigos y compañeros de toda la carrera Erika, Balam y Adrianita que siempre me han dado su ayuda y apoyo. Así también Héctor, Lino, John, Caro y Melisa.
- Los compañeros y amigos del laboratorio de Biodiversidad y Macroecología del ICML, UNAM, Edith, Lalo, Erika, Myrna, Ramón, Javier, Olmo, Daniela, Fernanda, Inna y Diana.
- Mi familia que me ha apoyado en todos mis proyectos y planes.
- Y primeramente, gracias a Dios.

Índice

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
ANTECEDENTES	5
ÁREA DE ESTUDIO	7
RELEVANCIA	10
OBJETIVO	11
METAS	11
MATERIALES Y MÉTODO	12
RESULTADOS	16
DISCUSIÓN	34
CONCLUSIONES	40
LITERATURA CITADA	41

Resumen

El presente estudio describe la composición taxonómica de las especies pertenecientes a las clases Bivalvia, Gastropoda y Scaphopoda de la asociación de moluscos del Golfo de México. Procedente de las recolectas obtenidas en las campañas oceanográficas SIGSBEE.4 (2001), SIGSBEE.5 (2002), SIGSBEE.6 (2003) a bordo del B/O Justo Sierra de la Universidad Nacional Autónoma de México y en la campaña DGoMB-JSSD (2002) a bordo del B/O Gyre de la Universidad de Texas A & M. Este estudio analiza la afinidad geográfica (Cordilleras Mexicanas, Banco de Campeche y Planicie Abisal de Sigsbee) y batimétrica (reborde continental, talud continental superior y planicie abisal) de las especies así como la variabilidad de la riqueza, abundancia y la de los índices diversidad y equidad derivados de éstas. De la identificación de 492 ejemplares se determinaron 55 especies agrupadas en las clases Gastropoda con 42 especies, Bivalvia con 9 especies y clase Scaphopoda con 4 especies. Los componentes faunísticos dominantes fueron *Polystira albida* y *Gaza superba*. El 65.45% de las especies fueron componentes raros. La especie *Sconsia striata* fue característica para el Banco de Campeche. La riqueza de especies fue mayor en el Banco de Campeche, seguida por la riqueza en la Planicie Abisal de Sigsbee, el valor más bajo se registró en las Cordilleras Mexicanas, patrón similar a la diversidad alfa. La abundancia varió significativamente entre regiones geográficas siendo ésta más elevada en el Banco de Campeche, menor en las Cordilleras Mexicanas, y la más baja en la Planicie Abisal de Sigsbee. La afinidad a regiones geográficas fue de 28.82%, en contraste con 9.39% de afinidad al gradiente batimétrico. Solamente el 4.49% de las especies, exclusivas de la Planicie Abisal de Sigsbee, mostró una afinidad por región y zona batimétrica.

Abstract

This thesis studied the composition, richness and abundance of species belonging to classes Bivalvia, Gastropoda and Scaphopoda, which allowed to analyze the variability of the diversity, evenness and affinity, for the association of mollusks of the Gulf of Mexico by geographic region and/or bathymetric zones (continental shelf, upper continental slope and abyssal plain). Collects were made on board of the R/V Justo Sierra of the UNAM, in the oceanographic campaigns SIGSBEE.4 (2001), SIGSBEE.5 (2002), SIGSBEE.6 (2003) and on board of the R/V Gyre of the Texas A&M University in the DGoMB-JSSD campaign (2002). As a result of the identification of 492 individuals, 55 species were grouped in: 42 species into Gastropoda class, 9 species into Bivalvia class and 4 species into Scaphopoda class.

The bathymetric zones, continental shelf and upper continental slope of the geographic regions of Mexican Ridges and the Bank of Campeche, as well as the Abyssal Plain of Sigsbee displayed differences in the faunistic composition and abundance. The richness of species, also the communitarian parameters (diversity and evenness) were similar between the bathymetric zones of each region and between regions. The affinity of the species by some of the 3 regions was greater than the affinity of the species by a particular bathymetric zone.

Introducción

Los moluscos pertenecen a un phylum ancestral con más de 500 millones de años de evolución (Fedonkin y Waggoner, 1997); han sobrevivido a la cambiante historia geológica de la Tierra, adaptándose a casi todos los ambientes, desde los terrestres hasta las fosas oceánicas a más de 11,000 m de profundidad. Tales adaptaciones se observan en la gran riqueza de especies y abundancia que comprende del 10% al 15% de las especies que se registran en muestras de macrofauna provenientes del fondo marino (Gage y Tyler, 1991). Los moluscos constituyen el segundo phylum con el mayor número de especies descritas en general (Brusca y Brusca, 2003) y consta de 7 clases. De las cuales, sólo 4 son las más abundantes del bentos marino, y se enlistan a continuación. La clase Gastropoda conocida como caracoles y babosas presenta adaptaciones que las hacen sujetos de estudios ecológicos al mostrar la diversidad trófica mejor que cualquiera de los otros grandes grupos de organismos, por ejemplo en el mar profundo (Rex, 1976). Están provistos de 1 cabeza con 1 o 2 pares de tentáculos y un pie; la masa visceral, que se encuentra en el interior de una concha dorsal generalmente enrollada en espiral, experimenta en el curso de su desarrollo un giro de 180° con respecto al cuerpo. Esta clase es la que presenta mayor variedad de formas, poblando la mayor cantidad de hábitats que cualquier otra clase de moluscos (Brusca y Brusca, 2003).

La clase Bivalvia comprende a los moluscos conocidos como almejas, ostiones y mejillones. Son moluscos aplanados lateralmente con 2 valvas articuladas una con otra mediante ligamentos elásticos y dientes propios de cada valva. En su mayoría son animales filtradores que viven enterrados parcialmente en el sedimento o bien adheridos a rocas (Brusca y Brusca, 2003), otras familias como la Cuspidariidae son carnívoras y se distribuyen en el mar profundo (Gage y Tyler, 1991). Esta clase incluye alrededor de 20,000 especies vivas que se distribuyen en todos los ambientes marinos, por ejemplo en las ventilas hidrotermales, las infiltraciones de metano y cordilleras transoceánicas en el caso del mar profundo (Brusca y Brusca, 2003).

La clase Scaphopoda incluye 900 especies que habitan el fondo marino; la característica morfológica principal es la forma arqueada de la concha, que asemeja un colmillo de elefante. La superficie de esta concha suele ser blanca y lisa, o bien, estar ornamentada con costillas longitudinales; la sección transversal generalmente es circular (Brusca y Brusca, 2003). Aunque la riqueza de especies es baja comparada con las clases Bivalvia y Gastropoda, la abundancia en el bentos del mar profundo es similar a la clase Bivalvia, aumentando con la profundidad (Gage y Tyler, 1991).

Los Aplacophora es una clase de moluscos de talla muy reducida característica del bentos de mar profundo que habita desde los 200 m hasta más de 9,000 m de profundidad. Ésta clase constituye 1 de los principales componentes de la fauna encontrada a grandes profundidades, sólo precedida por los gusanos anélidos, crustáceos peracáridos, moluscos bivalvos y gasterópodos. En algunas zonas donde se han muestreado exhaustivamente, su abundancia es comparable a los gusanos anélidos (Scheltema, 1997). Los Aplacophora son organismos de cuerpo vermiforme; una de las 2 subclases en que se dividen incluye especies carnívoras que se alimentan de cnidarios; la otra subclase está constituida por especies detritívoras. Los aplacóforos se caracterizan por la ausencia de concha calcárea, solo presentan reminiscencias de espículas de aragonita en la superficie dorsal de su cuerpo, siendo una de las características del phylum que algunos autores reconocen como ancestral para el phylum (Brusca y Brusca, 2003) y en las cuales se ha reconocido una gran diversidad de alfa y gama proteobacterias exosimbióticas sobre su dermis que les permiten colonizar en abundancia, sistemas reducidos tales como infiltraciones de metano (MacDonald et al., 1990) y ventilas hidrotermales (van Dover et al., 2002).

Por otra parte, los estudios de asociaciones de moluscos y de comunidades donde éstos ocurren involucran las formas en que las poblaciones de diferentes especies interactúan en un tiempo y espacio determinado. Éstas establecen patrones de distribución definidos con base en la tolerancia a factores abióticos e interacciones bióticas. Para describir éstos patrones es necesario

conocer el número de especies que la componen (riqueza de especies), el número de individuos que cuenta cada especie (abundancia), así como sus relaciones interespecíficas y tróficas (Begon *et al.*, 1990).

Antecedentes.

Los estudios en el Golfo de México sobre diversidad y abundancia de moluscos son abundantes para la zona litoral; por otro lado, los estudios realizados a mayor profundidad son escasos. Entre éstos últimos están los trabajos de Dall (1886, 1889) sobre la distribución y descripción de especies de moluscos en la plataforma continental, talud continental y planicie abisal que son la base para claves de identificación como las de Abbott (1974). Otra contribución importante al conocimiento de la diversidad malacológica del mar profundo en la región se atribuye a Pequegnat (1983), donde los moluscos son el componente dominante en arrastres entre 500 a 1,500 m de profundidad para el Golfo de México.

La mayoría de los trabajos realizados sobre fauna malacológica en el Golfo de México muestran a bivalvos y gasterópodos como los componentes principales, ya que éstos 2 constituyen los taxa de moluscos mejor documentados en el bentos del mar profundo (Gage y Tyler, 1991). Los estudios acerca de la diversidad de moluscos realizados en el Golfo de México se mencionan en la tabla 1, donde se destaca un mayor número de trabajos referentes a la plataforma continental, en comparación con el talud continental y planicie abisal.

En estudios realizados en la plataforma continental, en profundidades que van de 0 m a 236 m, destaca en abundancia la clase Bivalvia, sin embargo se encuentran representados por un número reducido de especies. En comparación la clase Gastropoda, es menos abundante pero con mayor riqueza específica (Barajas-Sánchez, 1989; Vázquez y Gracia, 1994; Pérez-Rodríguez, 1997). Por otro lado, Cruz-Abrego *et al.* (1992) encontraron que en las áreas que abarcan las plumas de los principales ríos en el Golfo de México (10 a 90 m), el número de especies de gasterópodos (22) es inferior al de bivalvos (62), invirtiéndose la composición general de los moluscos. Estos estudios también reconocen, con una incidencia

conocer el número de especies que la componen (riqueza de especies), el número de individuos que cuenta cada especie (abundancia), así como sus relaciones interespecíficas y tróficas (Begon *et al.*, 1990).

Antecedentes.

Los estudios en el Golfo de México sobre diversidad y abundancia de moluscos son abundantes para la zona litoral; por otro lado, los estudios realizados a mayor profundidad son escasos. Entre éstos últimos están los trabajos de Dall (1886, 1889) sobre la distribución y descripción de especies de moluscos en la plataforma continental, talud continental y planicie abisal que son la base para claves de identificación como las de Abbott (1974). Otra contribución importante al conocimiento de la diversidad malacológica del mar profundo en la región se atribuye a Pequegnat (1983), donde los moluscos son el componente dominante en arrastres entre 500 a 1,500 m de profundidad para el Golfo de México.

La mayoría de los trabajos realizados sobre fauna malacológica en el Golfo de México muestran a bivalvos y gasterópodos como los componentes principales, ya que éstos 2 constituyen los taxa de moluscos mejor documentados en el bentos del mar profundo (Gage y Tyler, 1991). Los estudios acerca de la diversidad de moluscos realizados en el Golfo de México se mencionan en la tabla 1, donde se destaca un mayor número de trabajos referentes a la plataforma continental, en comparación con el talud continental y planicie abisal.

En estudios realizados en la plataforma continental, en profundidades que van de 0 m a 236 m, destaca en abundancia la clase Bivalvia, sin embargo se encuentran representados por un número reducido de especies. En comparación la clase Gastropoda, es menos abundante pero con mayor riqueza específica (Barajas-Sánchez, 1989; Vázquez y Gracia, 1994; Pérez-Rodríguez, 1997). Por otro lado, Cruz-Abrego *et al.* (1992) encontraron que en las áreas que abarcan las plumas de los principales ríos en el Golfo de México (10 a 90 m), el número de especies de gasterópodos (22) es inferior al de bivalvos (62), invirtiéndose la composición general de los moluscos. Estos estudios también reconocen, con una incidencia

menor, la presencia de las clases Polyplacophora, Scaphopoda y Cephalopoda en la plataforma continental y zona intermareal del Golfo de México.

Tabla 1. Listados faunísticos y referencias que contribuyen al conocimiento de los moluscos en el Golfo de México.

Autor	Año	Sectores	Profundidad (m)	Método de muestreo	Clase
Dall	1886, 1889	Noroeste, noreste, suroeste y	Hasta 3,650	Draga	Bivalvia, Gastropoda y Scaphopoda
Rice y Kornicker	1965	Suroeste	27 - 216	Draga "van Veen"	Bivalvia, Gastropoda y Scaphopoda
Pequegnat	1983	Noroeste y noreste	150 - 3,850	Draga y red de arrastre	Bivalvia, Gastropoda y Scaphopoda
Childress <i>et al.</i>	1986	Noroeste	600 - 700	Red de arrastre	Bivalvia
Cruz-Abrego <i>et al.</i>	1987	Suroeste	_____	Draga	Bivalvia, Gastropoda y Scaphopoda
Barajas-Sánchez	1989	Noroeste	18 - 56	Red de arrastre	Bivalvia
MacDonald <i>et al.</i>	1990	Noroeste	650	_____	Bivalvia
Cruz-Abrego <i>et al.</i>	1992	Suroeste	_____	Dragas "van Veen" y "Smith-MacIntyre"	Bivalvia, Gastropoda y Scaphopoda
Reguero y García-Cubas	1993	Suroeste, sureste	_____	_____	Bivalvia, Gastropoda y Scaphopoda
Vázquez y Gracia	1994	Suroeste	20 - 236	Red de arrastre	Bivalvia y Gastropoda
Pérez-Rodríguez	1997	Suroeste y sureste	3 - 180	Draga "Shipeck" y extracción manual	Bivalvia, Gastropoda y Scaphopoda
García-Cubas <i>et al.</i>	1999	Sureste	28 - 617	Red de arrastre y draga	Gastropoda
van Dover <i>et al.</i>	2002	Noroeste	_____	_____	Bivalvia
Baqueiro	2004	Suroeste y sureste	_____	_____	Bivalvia y Gastropoda

Los resultados de Pequegnat (1983) en profundidades de 150 a 3,850 m reconocieron un número mayor de especies gasterópodos que de bivalvos. La exploración de los fondos marinos se intensificó a partir del descubrimiento de ventilas hidrotermales por Lonsdale (1977) y Corliss y Ballard (1977). Los estudios derivados incluyen registros de especies nuevas de bivalvos y

gasterópodos, el metabolismo de las especies (Childress *et al.*, 1986) y las interacciones biológicas (MacDonald *et al.*, 1990; Peek *et al.*, 1997; van Dover *et al.*, 2002).

La riqueza elevada de especies y de endemismos en gasterópodos y bivalvos se fundamenta según Rex (1973, 1981); Rex *et al.* (1990) y Pineda y Caswell (1998), en que está determinada tanto por factores ambientales en la escala local (Etter y Rex, 1990; Pineda, 1993) como en la escala regional (Rex, 1976; Rex *et al.*, 1993) que conllevan a especiación (Valdés, 2001) y radiación adaptativa (Peek *et al.*, 1997).

Por otra parte, estudios toxicológicos con miembros de las familias Conidae (Olivera *et al.*, 1990) y Turridae (López-Vera *et al.*, 2004), han descubierto que el orden Neogastropoda, contiene toxinas con propiedades anestésicas, sin efectos secundarios, y pueden ser aplicadas como antidepresivo y en el tratamiento de enfermedades mentales como la epilepsia.

Área de estudio

El área de estudio (Fig. 1) se localizó en las provincias costera y oceánica Golfo de México. La primera comprendió a la plataforma continental que abarcó de la zona intermareal a 200 m de profundidad, y la segunda provincia correspondió al talud continental, en un intervalo de 200 a 3,000 m de profundidad y a la Planicie Abisal de Sigsbee en el centro del Golfo de México, en un intervalo de 3,000 a 3,850 m de profundidad. El área de estudio también formó parte de 2 subprovincias de la Zona Económica Exclusiva de México, conocidas como suroeste del Golfo de México y Banco de Campeche (CONACyT, 1982).

El suroeste del Golfo de México estuvo acotado por el Río Bravo en el norte y el Río San Pedro en el sur (Shepard *et al.*, 1960; Roberts *et al.*, 1999). Se caracterizó por sus sedimentos de tipo terrígeno, producto de las desembocaduras de varios ríos que aportan lodos y arenas de composición variable (Cruz-Abrego *et al.*, 1992) como limos terrígenos y carbonatos hacia el fondo marino (Balsam y Beeson, 2003). En su porción oeste, frente al estado de Tamaulipas, se realizó

gasterópodos, el metabolismo de las especies (Childress *et al.*, 1986) y las interacciones biológicas (MacDonald *et al.*, 1990; Peek *et al.*, 1997; van Dover *et al.*, 2002).

La riqueza elevada de especies y de endemismos en gasterópodos y bivalvos se fundamenta según Rex (1973, 1981); Rex *et al.* (1990) y Pineda y Caswell (1998), en que está determinada tanto por factores ambientales en la escala local (Etter y Rex, 1990; Pineda, 1993) como en la escala regional (Rex, 1976; Rex *et al.*, 1993) que conllevan a especiación (Valdés, 2001) y radiación adaptativa (Peek *et al.*, 1997).

Por otra parte, estudios toxicológicos con miembros de las familias Conidae (Olivera *et al.*, 1990) y Turridae (López-Vera *et al.*, 2004), han descubierto que el orden Neogastropoda, contiene toxinas con propiedades anestésicas, sin efectos secundarios, y pueden ser aplicadas como antidepresivo y en el tratamiento de enfermedades mentales como la epilepsia.

Área de estudio

El área de estudio (Fig. 1) se localizó en las provincias costera y oceánica Golfo de México. La primera comprendió a la plataforma continental que abarcó de la zona intermareal a 200 m de profundidad, y la segunda provincia correspondió al talud continental, en un intervalo de 200 a 3,000 m de profundidad y a la Planicie Abisal de Sigsbee en el centro del Golfo de México, en un intervalo de 3,000 a 3,850 m de profundidad. El área de estudio también formó parte de 2 subprovincias de la Zona Económica Exclusiva de México, conocidas como suroeste del Golfo de México y Banco de Campeche (CONACyT, 1982).

El suroeste del Golfo de México estuvo acotado por el Río Bravo en el norte y el Río San Pedro en el sur (Shepard *et al.*, 1960; Roberts *et al.*, 1999). Se caracterizó por sus sedimentos de tipo terrígeno, producto de las desembocaduras de varios ríos que aportan lodos y arenas de composición variable (Cruz-Abrego *et al.*, 1992) como limos terrígenos y carbonatos hacia el fondo marino (Balsam y Beeson, 2003). En su porción oeste, frente al estado de Tamaulipas, se realizó

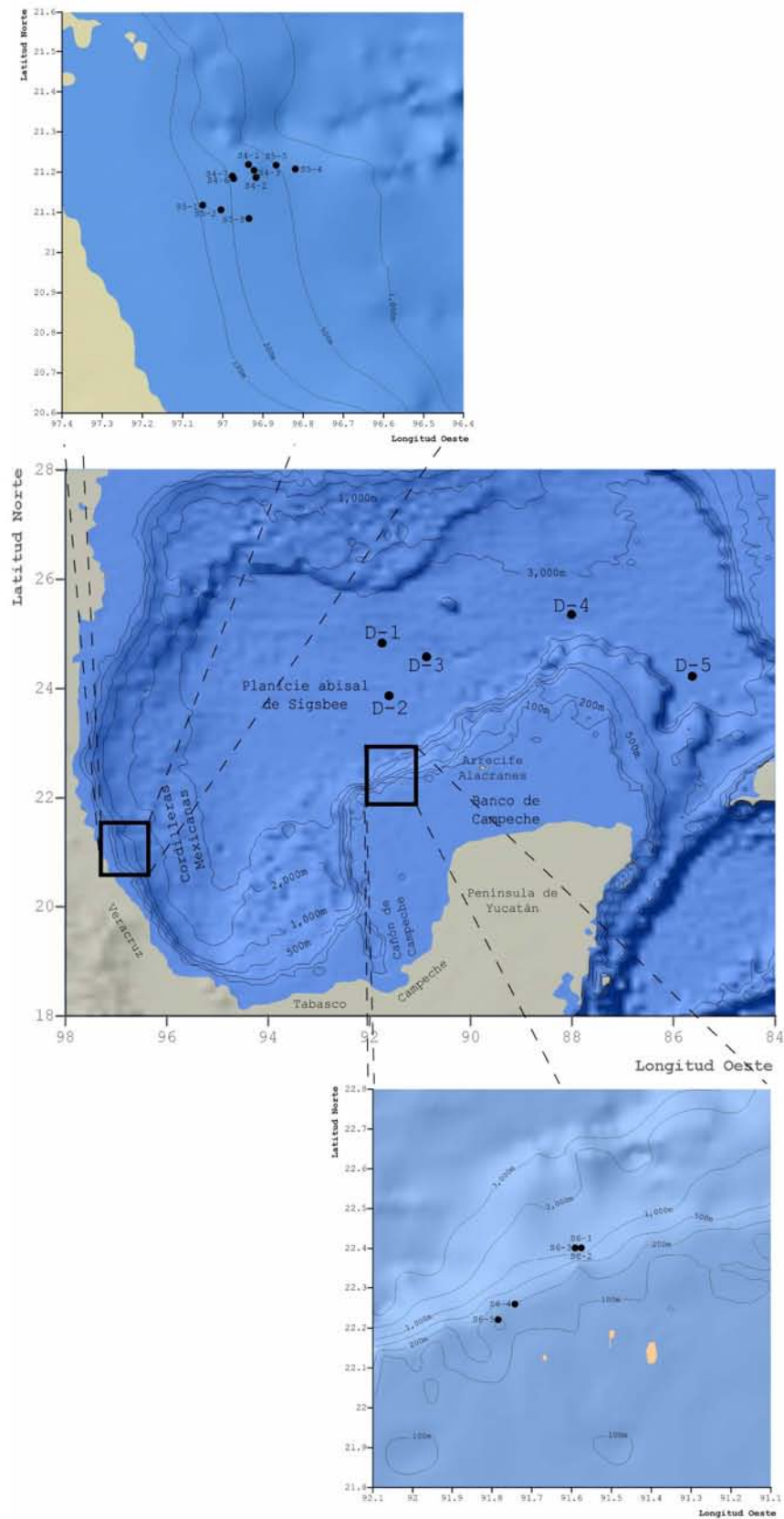


Figura 1. Area de estudio y estaciones de muestreo durante las campañas SIGSBEE.4 (S4-1, S4-2, S4-3, S4-6, S4-7), SIGSBEE.5 (S5-1, S5-2, S5-3, S5-4, S5-5), SIGSBEE.6 (S6-1, S6-2, S6-3, S6-4, S6-5) y DGoMB-JSSD (D-1, D-2, D-3, D-4, D-5).

parte de los muestreos, en la región conocida como las Cordilleras Mexicanas (Fig. 1, tabla 2), que tuvo una plataforma continental estrecha e irregular, con crestas y valles submarinos paralelos a la línea de costa que funcionaron como trampa de acúmulo de sedimento y materia orgánica (Antoine *et al.*, 1974).

Otros muestreos se realizaron en el Banco de Campeche (Fig. 1, tabla 2), delimitado en el occidente por el Cañón de Campeche (Campos-Castán, 1981) y al oriente con el borde de la plataforma calcárea de Yucatán, con la cual coincidió hasta la punta norte de Isla Mujeres (Shepard *et al.*, 1960; Roberts *et al.*, 1999). Esta subprovincia se caracterizó por sedimentos ricos en carbonatos, compuestos por ooides, fragmentos de esqueletos, cúmulos de heces y clastos carbonatados (Roberts *et al.*, 1999; Balsam y Beeson, 2003).

Tabla 2. Localidades de recolecta de moluscos en el Golfo de México.

Zona Batimétrica	Campaña	Número de localidades	Intervalo de profundidad (m)
Plataforma continental	SIGSBEE.6	1	154
	SIGSBEE.5	2	48 - 67
	SIGSBEE.4	2	119 - 129
	Total	5	
Talud continental superior	SIGSBEE.6	4	253 - 548
	SIGSBEE.5	2	330 - 600
	SIGSBEE.4	3	248 - 281
	Total	9	
Planicie abisal	DGoMB-JSSD	5	3350 - 3725
	Total	5	

Los muestreos a mayor profundidad (Fig. 1, tabla 2) se realizaron en la Planicie Abisal de Sigsbee que se localizó en la porción central y profunda del Golfo de México, extendiéndose desde el escarpe de Campeche, en el sur, hasta el talud del sector norte con una profundidad promedio de 3,000 m. El fondo marino en esta zona fue uniforme con elevaciones de 100 a 200 m solamente en la porción central, donde destacaron los domos salinos (Powell *et al.*, 2003). El sedimento en esta región estuvo constituido por un 25% de carbonato de origen hemipelágico y en la porción norte se incorporaron lodos terrígenos provenientes del Río Mississippi (Balsam y Beeson, 2003)

Las masas de agua incluyeron en el fondo el agua profunda noratlántica (APNA), con una salinidad de 34.98 y temperatura de 4.02°C (Vidal *et al.*, 1987). La hidrodinámica originada por los giros anticiclónico y ciclónico liberados desde la corriente de Lazo (Vidal *et al.*, 1994), produjeron una velocidad de corriente menor a 0.3 m/s en la porción central de la cuenca, a profundidades mayores de 2,000 m, y en el resto de la cuenca, a la misma profundidad, su velocidad fue de 0.2 m/s (Hamilton, 1990).

Por encima del APNA se encontró el agua Antártica intermedia que ocurrió a 750 m con una densidad menor, dada por una salinidad de 34.86 y temperatura de 6.2 °C (Vidal *et al.*, 1987). Le siguió hacia la superficie el agua común del Golfo de México con una salinidad de 37.75. El agua subtropical subyacente (SUW) proveniente del Caribe, se encontró por encima del agua común y es donde se produjeron los giros anticiclónicos y ciclónicos originados por la corriente de Lazo que ocurrieron directamente por encima de ésta, en el agua superficial con una velocidad promedio de 0.69 m/s (Elliott, 1982).

Relevancia

Este estudio se justifica ante la necesidad de documentar la riqueza de especies que ocurren en el territorio nacional y se basa en que la superficie marina del territorio nacional en México, que incluye al mar territorial y la zona económica exclusiva es de 3,149,920 km². Esta superficie marina representa casi el doble de la superficie terrestre del país (1,964,375 km²) y sin embargo presenta un desequilibrio en aspectos del conocimiento que se tiene, esfuerzos realizados para su estudio y los registros de la riqueza de especies y su abundancia existentes. El conocimiento de la diversidad biológica, de los patrones de distribución de la abundancia, su variación y su relación con el medio son fundamentales para contar con un censo de la vida para los mares tropicales.

Los estudios en el Golfo de México han reconocido la importancia de los recursos naturales y minerales renovables que alberga el fondo marino, como es la

Las masas de agua incluyeron en el fondo el agua profunda noratlántica (APNA), con una salinidad de 34.98 y temperatura de 4.02°C (Vidal *et al.*, 1987). La hidrodinámica originada por los giros anticiclónico y ciclónico liberados desde la corriente de Lazo (Vidal *et al.*, 1994), produjeron una velocidad de corriente menor a 0.3 m/s en la porción central de la cuenca, a profundidades mayores de 2,000 m, y en el resto de la cuenca, a la misma profundidad, su velocidad fue de 0.2 m/s (Hamilton, 1990).

Por encima del APNA se encontró el agua Antártica intermedia que ocurrió a 750 m con una densidad menor, dada por una salinidad de 34.86 y temperatura de 6.2 °C (Vidal *et al.*, 1987). Le siguió hacia la superficie el agua común del Golfo de México con una salinidad de 37.75. El agua subtropical subyacente (SUW) proveniente del Caribe, se encontró por encima del agua común y es donde se produjeron los giros anticiclónicos y ciclónicos originados por la corriente de Lazo que ocurrieron directamente por encima de ésta, en el agua superficial con una velocidad promedio de 0.69 m/s (Elliott, 1982).

Relevancia

Este estudio se justifica ante la necesidad de documentar la riqueza de especies que ocurren en el territorio nacional y se basa en que la superficie marina del territorio nacional en México, que incluye al mar territorial y la zona económica exclusiva es de 3,149,920 km². Esta superficie marina representa casi el doble de la superficie terrestre del país (1,964,375 km²) y sin embargo presenta un desequilibrio en aspectos del conocimiento que se tiene, esfuerzos realizados para su estudio y los registros de la riqueza de especies y su abundancia existentes. El conocimiento de la diversidad biológica, de los patrones de distribución de la abundancia, su variación y su relación con el medio son fundamentales para contar con un censo de la vida para los mares tropicales.

Los estudios en el Golfo de México han reconocido la importancia de los recursos naturales y minerales renovables que alberga el fondo marino, como es la

pesquería de especies en la plataforma continental, los recursos con aplicación biotecnológica, los hidrocarburos y el gas metano (Gallaway *et al.*, 2001). El uso sustentable de éstos idealmente debiera promover la educación y el desarrollo tecnológico, retribuyendo ganancia interna para el país.

Objetivo

El presente estudio tiene como objetivo describir y comparar la estructura de la asociación de moluscos (clases Bivalvia, Gastropoda y Scaphopoda) recolectados en arrastres efectuados en 3 regiones geográficas (Cordilleras Mexicanas, Banco de Campeche y Planicie Abisal de Sigsbee) y en 3 zonas batimétricas (plataforma continental, talud continental superior y planicie abisal).

Metas

1. Describir la composición faunística de la asociación de moluscos.
2. Cuantificar y comparar la riqueza y abundancia de especies de la asociación de moluscos por región geográfica (Cordilleras Mexicanas, Banco de Campeche y Planicie Abisal de Sigsbee) y por zona batimétrica (plataforma continental, talud continental superior y planicie abisal).
3. Evaluar los patrones de variación de la diversidad alfa, diversidad beta y la equidad en la asociación de moluscos.
4. Definir el grado de afinidad de la fauna malacológica a las regiones geográficas y a las zonas batimétricas en el sector suroeste del Golfo de México.

Materiales y método

Trabajo de campo. Las muestras de moluscos provienen de recolectas en el fondo marino de la plataforma continental, talud continental superior y planicie abisal del sector suroeste del Golfo de México. Los muestreos se realizaron como parte del programa de investigación *Factores que definen la variabilidad de la diversidad biológica y biomasa béntica en el mar profundo del Golfo de México*, a bordo del B/O *Justo Sierra* en junio del 2001, julio de 2002 y junio de 2003. Los ejemplares de 5 localidades en la planicie abisal fueron recolectados en el sector central en la campaña oceanográfica DGoMB-JSSD *Deep Gulf of Mexico Benthos Study* a bordo del B/O *Gyre* en agosto de 2002.

La recolecta de las muestras se realizó con una red camaronera de arrastre de 12 m de largo, 9 m de ancho, 6.35 cm de abertura de malla, con sobre copo para retener organismos bénticos mayores a 3 cm², y puertas metálicas de arrastre de 2.74 m. Los muestreos se realizaron en 5 localidades (Tabla 2) ubicadas en la plataforma continental (48 a 129 m de profundidad), 9 localidades en el talud continental superior (248 a 600 m) y 5 localidades en la planicie abisal (3,350 a 3,725 m). Los arrastres se realizaron a velocidad de 1.3 a 3.5 nudos con un ángulo de 30° y mínimo de penetración en el sedimento, en cada caso tuvieron una duración promedio de 25 minutos cubriendo distancias entre 1,850 y 7,490 m sobre fondos lodosos.

Para el caso de los arrastres efectuados durante la campaña DGoMB-JSSD, los organismos recolectados se depositaron en cubetas con etanol absoluto a 4°C al irse extrayendo de la red. Posteriormente se separaron a nivel clase (Bivalvia, Gastropoda y Scaphopoda), se cuantificaron y se colocaron en frascos con la etiqueta de identificación en etanol al 70% hasta ser transportados a la Colección Nacional de Moluscos con sede en el Instituto de Biología de la UNAM. Los organismos recolectados en las campañas SIGSBEE.4, 5 y 6, al ser removidos de la red se mantuvieron en agua de mar en un intervalo de 4 a 10°C, hasta ser procesados para extracción de toxinas e identificados en el Laboratorio de

Neurofarmacología Marina del Instituto de Neurobiología, UNAM en el caso de los Neogastrópodos.

Trabajo de gabinete. Los organismos se identificaron con base en las claves de Abbott (1974), Keen y Coan (1974) y se clasificaron según Brusca y Brusca (2003) (Tablas 4 y 5). Los ejemplares de la campaña DGoMB-JSSD se ubicaron por especie en el acervo y base de datos de la Colección Nacional de Moluscos con sede en el Instituto de Biología, UNAM, incorporando las características de cada colecta.

Composición. Un análisis de clasificación jerárquica permitió agrupar localidades por la similitud en la composición de las especies, según la metodología descrita por Bray y Curtis (1957) para grupos promedio, utilizando los datos de presencia-ausencia de las especies recolectadas para cada arrastre.

Riqueza de especies. La riqueza de especies (S) se definió por el número de especies y se describió para 3 regiones geográficas (Cordilleras Mexicanas, Banco de Campeche y Planicie Abisal de Sigsbee) y las 3 zonas batimétricas que abarcaron (plataforma continental, talud continental superior y planicie abisal).

Abundancia. La abundancia relativa en cada arrastre, se calculó a partir del número total de individuos de cada especie, dividido por la distancia del arrastre en kilómetros. La variación en la abundancia se describió para las zonas batimétricas en las 3 regiones geográficas.

La prueba de cuadrantes de Olmstead y Tukey (1947) caracterizó las especies a partir de su abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia (Tabla 3) usando la terminología de componentes faunísticos dominantes, frecuentes, raros e indicadores de cada región geográfica. La frecuencia de ocurrencia se expresó en porcentajes y se calculó a partir del número de estaciones donde se registró cada especie entre el número total de localidades de muestreo. La abundancia relativa se representó con la suma de las abundancias relativas de las especies para cada región geográfica. Este análisis se realizó tomando en cuenta las 19 estaciones de muestreo y las 3 regiones geográficas.

Diversidad. La diversidad se comparó para cada región geográfica con el índice de diversidad alfa, que asigna un valor para cada localidad; y beta, que cuantifica el grado de recambio de las especies en una región (Halffter, 1998).

Tabla 3. Criterios para la caracterización de las especies de una región geográfica por su abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia.

Componente faunístico	Abundancia relativa (individuos/km) comparada a la mediana calculada para la región	Frecuencia de ocurrencia (%) comparada con el 50% de arrastres efectuados en la región
Dominante	Mayor	Mayor
Frecuente	Menor	Mayor
Raro	Menor	Menor
Indicador	Mayor	Menor

La diversidad alfa se calculó con el índice de Shannon-Weaver (Shannon y Weaver, 1963) con base en el logaritmo natural (Ecuación 1) para cada localidad donde se realizaron los arrastres, agrupando los datos por región y por zona batimétrica. Con los datos obtenidos se describió el patrón de variación.

$$H' = -\sum_1^i p_i \ln p_i \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde H' = Índice de diversidad de Shannon-Weaver

p = Frecuencia relativa de cada especie (i)

La diversidad beta se obtuvo dividiendo el índice de diversidad de Shannon-Weaver (Ecuación 1) calculado para cada región geográfica entre el promedio de diversidad alfa de la región. Para calcular el índice de diversidad de cada región se sumaron las abundancias relativas por especie y se dividió entre la cantidad de arrastres efectuados en la misma región, obteniéndose el valor de la frecuencia relativa de cada especie.

Equidad. Cuantificó el grado con que la abundancia total de una localidad se distribuye en el número de especies presente. Ésta se obtuvo con el índice de equidad J' (Ecuación 2) descrito por Lloyd y Ghelardi (1964) para cada localidad donde se realizaron los arrastres, agrupando los datos por región y zona

batimétrica. Este índice relaciona la diversidad con el logaritmo natural del número de especies y su abundancia relativa.

$$J' = \frac{H'}{\ln(s)} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde J' = Índice de equidad

H' = Índice de diversidad de Shannon-Weaver

s = Riqueza de especies

Las medias estadísticas calculadas para la riqueza de especies (S), abundancia relativa, índice de diversidad (H'), y equidad (J'), de las zonas batimétricas de cada región, se graficaron añadiendo barras verticales que indicaron sus respectivas desviaciones estándar, así como sus valores máximo y mínimo indicados por líneas tope en cada extremo de las barras. Se realizó un análisis de varianza de una vía (ANOVA) para establecer con un grado de significación de 0.05 las diferencias observadas entre las zonas batimétricas de cada región geográfica. Al encontrarse diferencias, se aplicó la prueba de diferencias significativas de Tukey para identificar, en específico, que zonas batimétricas y/o regiones geográficas difirieron entre sí.

Los valores de riqueza de especies se graficaron contra la abundancia relativa y el gradiente batimétrico; el índice de diversidad se graficó contra la riqueza de especies y la abundancia relativa, con el fin de encontrar la mejor relación que mantienen estos parámetros ecológicos. El índice de correlación (r) de Pearson (1896) permitió interpretar la variabilidad reconocida de la diversidad. El gradiente batimétrico se definió como la profundidad de un arrastre en específico menos la profundidad mínima de los arrastres para cada región.

Afinidad de especies. Por región y por zona batimétrica ésta se determinó con un análisis multivariado de redundancia (RDA). Este análisis permitió probar la varianza del intervalo batimétrico donde se realizaron las recolectas, con la finalidad de describir los patrones de distribución y establecer las variables (profundidad, y/o región geográfica) a las cuales son afines las especies de

moluscos a partir de un análisis de la composición de especies. Las especies y las localidades se ordenaron en una dimensión y el vector de las variables ajustadas creó un ordenamiento unidimensional nuevo. Los resultados se expresaron como diagramas de doble representación o proyección ordenada de especies y localidades, y se interpretaron a partir de las variables que describen los ejes X y Y (sean éstas profundidad o región geográfica), donde las especies se expresaron como puntos en el espacio, las flechas sólidas representaron las regiones y la profundidad. Para el presente estudio, los análisis se realizaron usando la biblioteca Vegan para compilar en el lenguaje estadístico R (R Development Core Team, 2004). La abundancia de las especies se transformó con la constante de Hellinger siguiendo los principios de Legendre y Gallagher (2001) que consistió en transformar las abundancias totales a abundancias relativas por cada localidad y posteriormente éstas transformadas a raíz cuadrada. Lo anterior requirió que para el RDA se aplicaran distancias Euclidianas, recomendadas para los datos de composición, y que se eliminaran las dobles ausencias en la comparación entre localidades, mientras que la raíz cuadrada reduce la influencia de las especies dominantes contra las especies más raras.

Resultados

Composición. En las 4 campañas oceanográficas se recolectó un total de 492 individuos pertenecientes a 55 especies (Tabla 4). El 76.37% de las especies perteneció a 20 familias clasificadas en 5 órdenes de la clase Gastropoda. El 16.36% de las especies se identificaron en 5 familias pertenecientes a 4 órdenes de la clase Bivalvia. El restante 7.27% de las especies se clasificaron dentro de una misma familia de la clase Scaphopoda.

moluscos a partir de un análisis de la composición de especies. Las especies y las localidades se ordenaron en una dimensión y el vector de las variables ajustadas creó un ordenamiento unidimensional nuevo. Los resultados se expresaron como diagramas de doble representación o proyección ordenada de especies y localidades, y se interpretaron a partir de las variables que describen los ejes X y Y (sean éstas profundidad o región geográfica), donde las especies se expresaron como puntos en el espacio, las flechas sólidas representaron las regiones y la profundidad. Para el presente estudio, los análisis se realizaron usando la biblioteca Vegan para compilar en el lenguaje estadístico R (R Development Core Team, 2004). La abundancia de las especies se transformó con la constante de Hellinger siguiendo los principios de Legendre y Gallagher (2001) que consistió en transformar las abundancias totales a abundancias relativas por cada localidad y posteriormente éstas transformadas a raíz cuadrada. Lo anterior requirió que para el RDA se aplicaran distancias Euclidianas, recomendadas para los datos de composición, y que se eliminaran las dobles ausencias en la comparación entre localidades, mientras que la raíz cuadrada reduce la influencia de las especies dominantes contra las especies más raras.

Resultados

Composición. En las 4 campañas oceanográficas se recolectó un total de 492 individuos pertenecientes a 55 especies (Tabla 4). El 76.37% de las especies perteneció a 20 familias clasificadas en 5 órdenes de la clase Gastropoda. El 16.36% de las especies se identificaron en 5 familias pertenecientes a 4 órdenes de la clase Bivalvia. El restante 7.27% de las especies se clasificaron dentro de una misma familia de la clase Scaphopoda.

Por campaña oceanográfica. El 85.71% de las especies recolectadas durante la campaña SIGSBEE.4 se identificó dentro de 4 familias del orden Neogastropoda, y el 14.29% correspondieron a 1 familia del orden Neotaenioglossa, ambos órdenes pertenecientes a la clase Gastropoda.

En la campaña SIGSBEE.5, el 64.71% de las especies recolectadas se identificó en 7 familias del orden Neogastropoda y 35.29% en 4 familias del orden Neotaenioglossa.

Durante la campaña SIGSBEE.6, 3.22% de las especies recolectadas se identificó dentro de 1 familia del orden Archaeogastropoda, el 67.75% fue identificado en 9 familias del orden Neogastropoda, 22.59% se determinó dentro de 5 familias del orden Neotaenioglossa; éstos 3 órdenes se incluyeron dentro de la clase Gastropoda; también se recolectaron individuos identificados dentro de 1 familia de la clase Bivalvia, representando el 3.22% de las especies recolectadas; así mismo, se identificó al restante 3.22% como una familia del orden Dentaliida clasificada en la clase Scaphopoda.

En la Planicie Abisal de Sigsbee, durante la campaña DGoMB-JSSD, el 6.25% de las especies recolectadas fue identificado dentro de 1 familia del orden Archaeogastropoda, el 12.50% en 2 familias del orden Mesogastropoda, y otro 12.50% en 2 familias del orden Thecosomata; éstos 3 órdenes pertenecieron a la clase Gastropoda. Otro 6.25% de las especies recolectadas se identificó dentro de 1 familia del orden Limidae, 31.25% perteneció a 1 familia del orden Nuculida, y 12.50% a 2 familias del orden Pholadomyoidea; estos 3 últimos órdenes fueron parte de la clase Bivalvia. El restante 18.75% de las especies se identificó dentro de 1 familia del orden Dentaliida clasificada en la clase Scaphopoda.

El dendrograma, resultado del análisis de clasificación (Fig. 2) reconoció 3 grandes grupos en que se ordenaron cada una de las localidades por la composición de las especies recolectadas. Estos 3 grupos se definieron por zona batimétrica de la siguiente forma: el primer grupo incluye las localidades que ocurren en la planicie abisal en un intervalo de 3,350 a los 3,725 m de

profundidad; el segundo grupo incluyó las localidades del talud continental superior en un intervalo de profundidades de 539 a 600 m; el tercer grupo incluyó las localidades de la plataforma continental en un intervalo de 67 a 330 m. A su vez los grupos definidos como talud continental superior y plataforma continental, se subdividieron en 2 subconjuntos cada una: el Banco de Campeche y las Cordilleras Mexicanas. La localidad ubicada a 48 m de profundidad en la campaña SIGSBEE.5, quedó excluida de todo grupo por su componente faunístico que difiere a otros.

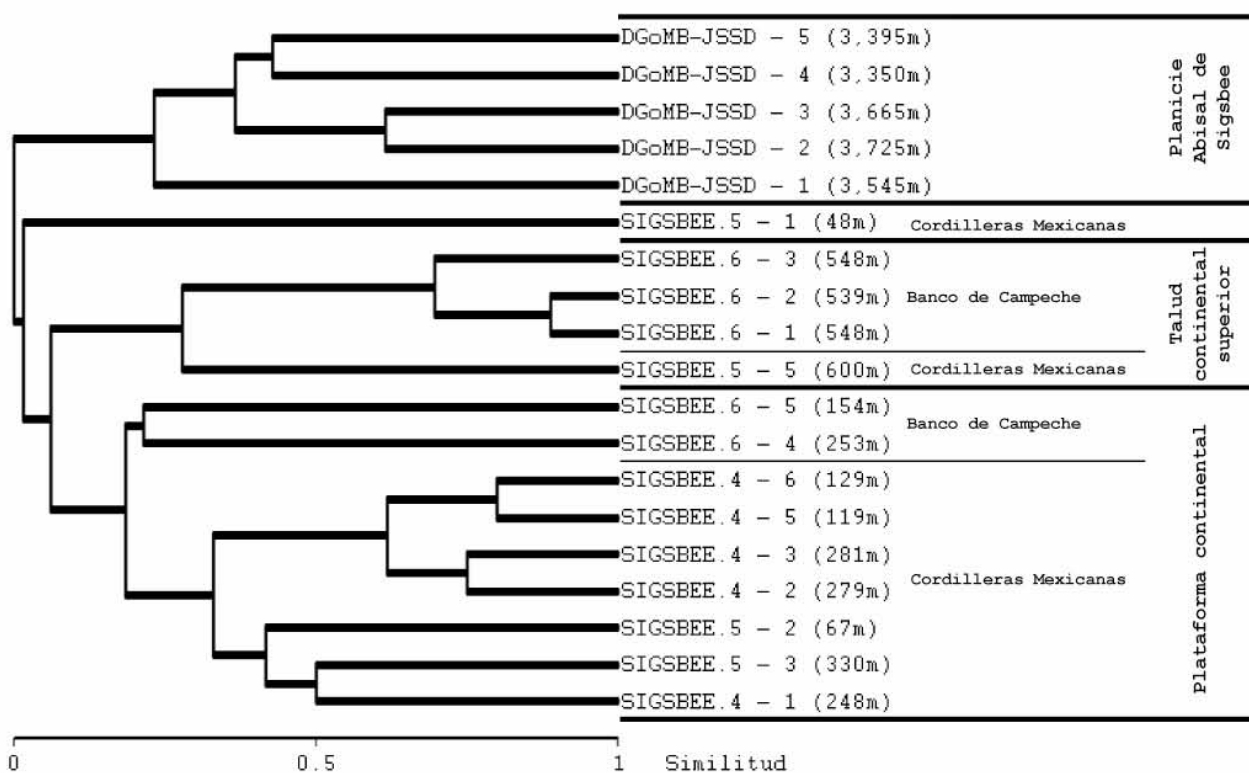


Figura 2. Grupos reconocidos en el dendrograma elaborado con base a la composición de especies, mostrando las localidades ordenadas por campaña oceanográfica.

Por región geográfica y zona batimétrica. La composición de los moluscos recolectados en las Cordilleras Mexicanas (Tabla 5) se caracterizó por incluir sólo especies identificadas dentro de las familias de los órdenes Neogastropoda y Neotaenioglossa. La proporción de especies pertenecientes a cada orden varió entre las zonas batimétricas de la región; el orden Neogastropoda (80% de las

Tabla 5. Lista de especies recolectadas por zona batimétrica y región geográfica.

Zona batimétrica	Región geográfica	Clase	Orden	Familia	Especie	
Plataforma continental	Cordilleras Mexicanas	Gastropoda	Neogastropoda	Buccinidae	<i>Fisania sp.</i>	
				Cancellariidae	<i>Tritonoharpa lanceolata</i>	
				Conidae	<i>Conus austini</i>	
					<i>Conus delessertii</i>	
					<i>Conus stimpsoni</i>	
					<i>Conus villepini</i>	
				Muricidae	<i>Murex sp.</i>	
					<i>Chicoreus beauui</i>	
				Terebridae	<i>Terebra benthalis</i>	
					<i>Terebra sp.</i>	
	Turridae	<i>Polystira albida</i>				
	Volutidae	<i>Scaphella dubia</i>				
	Neotaenioglossa	Cassidae	<i>Phalium granulatum</i>			
			<i>Sconsia striata</i>			
		Turritellidae	<i>Turritella exoleta</i>			
	Banco de Campeche	Gastropoda	Neogastropoda	Buccinidae	<i>Cantharus cancellarius</i>	
Conidae				<i>Conus delessertii</i>		
Fascioliariidae				<i>Fasciolaria liliium</i>		
Muricidae				<i>Haustorium capritii</i>		
Turridae				<i>Polystira albida</i>		
Neotaenioglossa			Cassidae	<i>Sconsia striata</i>		
			Personidae	<i>Distorsio clathrata</i>		
			Tonnidae	<i>Tonna galea</i>		
			Xenophoridae	<i>Tugurium caribaeum</i>		
				<i>Xenophora conchyliophora</i>		
Talud continental superior	Cordilleras Mexicanas	Gastropoda	Neogastropoda	Conidae	<i>Conus villepini</i>	
					<i>Murex sp.</i>	
				Muricidae	<i>Chicoreus beauui</i>	
				Turridae	<i>Gemmula periscelida</i>	
			Volutidae	<i>Polystira albida</i>		
			Neotaenioglossa	Cassidae	<i>Oocorys bartschi</i>	
					<i>Phalium granulatum</i>	
					<i>Sconsia striata</i>	
	Xenophoridae	<i>Tugurium caribaeum</i>				
		<i>Xenophora conchyliophora</i>				
	Banco de Campeche	Gastropoda	Neogastropoda	Archaeogastropoda	Trochidae	<i>Gaza superba</i>
				Buccinidae	<i>Antillophos candeanus</i>	
					<i>Bartschia canetae</i>	
					<i>Cantharus cancellarius</i>	
				Conidae	<i>Conus mazei</i>	
					<i>Conus villepini</i>	
Fascioliariidae				<i>Glyphostoma gabbii</i>		
Mitridae				<i>Fusinus eucosmius</i>		
Muricidae				<i>Mitra swainsonii antillensis</i>		
				<i>Poirieria pazi</i>		
				<i>Pterynotus sp.</i>		
				<i>Chicoreus beauui</i>		
Nassariidae				<i>Nassarius vibex</i>		
Terebridae				<i>Terebra sp.</i>		
		<i>Crassispira sp.</i>				
Turridae	<i>Gemmula periscelida</i>					
	<i>Hindsiclava alesidota</i>					
	<i>Polystira albida</i>					
Volutidae	<i>Scaphella sp.</i>					
Neotaenioglossa	Cassidae	<i>Oocorys bartschi</i>				
		<i>Phalium granulatum</i>				
		<i>Sconsia striata</i>				
Bivalvia	Ostreoida	Propeamussidae	<i>Propeamussium dalli</i>			
Scaphopoda	Dentaliida	Dentaliidae	<i>Dentalium sp.</i>			
Planicie abisal	Planicie Abisal de Sigsbee	Gastropoda	Archaeogastropoda	Patellidae	<i>Patella sp.</i>	
			Mesogastropoda	Atlantidae	<i>Atlanta peronii</i>	
				Calyptraeidae	<i>Crepidula plana</i>	
			Thecosomata	Acteonidae	<i>Acteon punctostriatus</i>	
		Cavoliniidae		<i>Diacria trispinosa</i>		
		Bivalvia	Limoida	Limidae	<i>Lima sp.</i>	
				Nuculida	Nuculanidae	<i>Brevinucula verrilli</i>
			<i>Nucula aegeensis</i>			
			<i>Nuculana acuta</i>			
			<i>Nucula proxima</i>			
				<i>Tindaria sp.</i>		
		Pholadomyoidea	Cuspidariidae	<i>Cuspidaria rostrata</i>		
			Thraciidae	<i>Thracia nitida</i>		
		Scaphopoda	Dentaliida	Dentaliidae	<i>Dentalium sp. A</i>	
<i>Dentalium sp. B</i>						
<i>Dentalium sp. C</i>						

especies) predominó sobre el orden Neotaenioglossa (20%) en la plataforma continental, hacia el talud continental superior continuó el predominio del orden Neogastropoda sobre el orden Neotaenioglossa (58.33% y 41.67% respectivamente), pero con una proporción menor a la reconocida en la plataforma continental.

En la plataforma continental del Banco de Campeche se recolectaron especies que se identificaron como parte de los órdenes Neogastropoda y Neotaenioglossa (Tabla 5), encontrándose presentes en la misma proporción (50% de las especies para cada orden). En el talud continental superior de la región del Banco de Campeche, se recolectó, en baja proporción, representantes de la clase Bivalvia (4.17% en el orden Ostreoida), así como de la clase Scaphopoda (4.17% en el orden Dentaliida); en contraste, la clase Gastropoda tuvo mayor presencia con especies identificadas dentro de los órdenes Archaeogastropoda (4.17% de las especies), Neotaenioglossa (12.50%) y Neogastropoda (75%), siendo éste último orden el de mayor proporción en especies.

En la Planicie Abisal de Sigsbee se recolectaron especies clasificadas en las clases Gastropoda, Bivalvia y Scaphopoda (Tabla 5). En la clase Gastropoda se identificaron especies clasificadas en los órdenes Archaeogastropoda (6.25%), Mesogastropoda (12.50%) y Thecosomata (12.50%); para la clase Bivalvia se identificaron especies clasificadas en los órdenes Limoida (6.25%), Nuculida (31.25%) y Pholadomyoida (12.5%); de la clase Scaphopoda, las especies identificadas se clasificaron en el orden Dentaliida (18.75%).

Riqueza de especies. En la plataforma continental de las Cordilleras Mexicanas, se recolectó un total de 15 especies en 4 arrastres (con un mínimo de 2 especies a 119 m de profundidad y un máximo de 8 especies a 67 m; promedio = 4.25 ± 2.63 especies). La riqueza de especies de la plataforma continental no difirió con el talud continental superior adyacente (Fig. 3, tabla 5), donde se recolectó un total de 12 especies en 5 arrastres (mínimo de 3 especies a 248 y 281 m, y un máximo de 9 especies a 330 m; promedio = 4.8 ± 2.49 especies).

talud continental superior, que registró 24 especies en 4 arrastres (Fig. 3, tabla 5), con un mínimo de 3 especies en el talud continental a 281 m y un máximo de 18 especies a 253 m profundidad (promedio = 8.5 ± 6.45 especies).

En la Planicie Abisal de Sigsbee se recolectó un total de 16 especies en 5 arrastres, con un mínimo a 3,545 m de profundidad con 2 especies, y un máximo a 3,395 m con 8 especies (promedio = 5.8 ± 2.28 especies). La riqueza de especies en esta región geográfica no difirió con la registrada para las regiones geográficas del Banco de Campeche y las Cordilleras Mexicanas (Fig. 3).

En ninguna región geográfica la riqueza de especies mostró un patrón de cambio con la profundidad (Fig. 4).

Abundancia. En la plataforma continental de las Cordilleras Mexicanas se recolectó un total de 92 individuos en 4 arrastres, con un mínimo de abundancia relativa (Fig. 5) de 5.4 individuos/km de arrastre a 119 m de profundidad, y un máximo de 30.24 individuos/km a 67 m de profundidad (promedio = 13.13 ± 11.5 individuos/km de arrastre). Hacia el talud continental superior de la misma región geográfica, se recolectaron 102 individuos en 5 arrastres, con un mínimo de abundancia relativa de 8.1 individuos/km de arrastre a 281 m de profundidad, y un máximo de 18.9 individuos/km a 248 m de profundidad (promedio = 13.69 ± 4.47 individuos/km de arrastre). No existieron diferencias entre ambas zonas batimétricas en las Cordilleras Mexicanas.

En la plataforma continental del Banco de Campeche se realizó solo un arrastre, recolectándose 13 individuos en total, lo que representó una abundancia relativa de 7.02 individuos/km de arrastre. Este valor difiere significativamente con los obtenidos en el talud continental superior de la misma región (Prueba de Tukey: $p = 0.017$; fig. 5), donde se recolectó un total de 216 individuos en 4 arrastres; teniendo un mínimo de abundancia relativa con 18.36 individuos/km a 548 m de profundidad y un máximo de 44.82 individuos/km en otro arrastre a 548 m (promedio = 29.16 ± 11.92 individuos/km de arrastre).

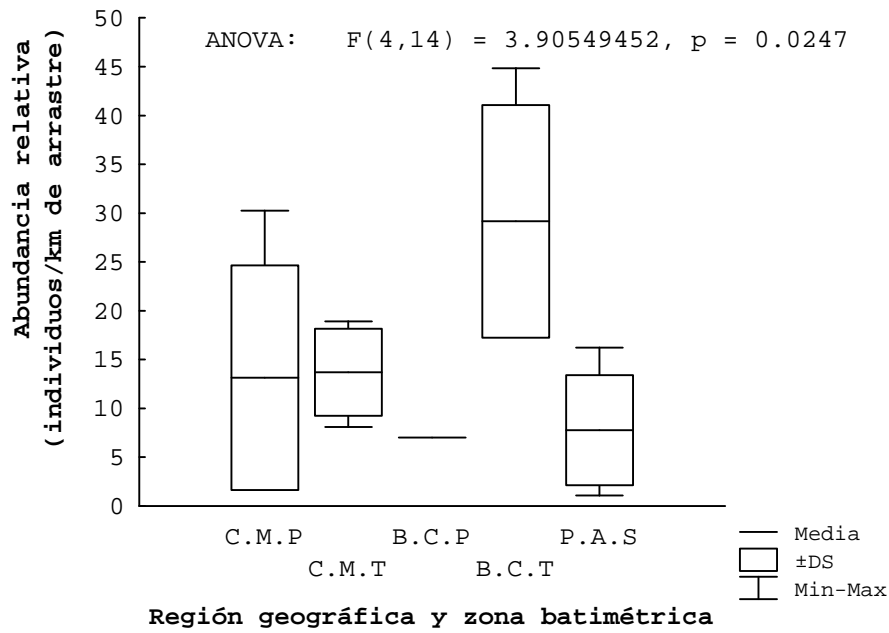


Figura 5. Análisis de ANOVA de la abundancia relativa (individuos/km de arrastre) por región geográfica y zona batimétrica. Plataforma continental de las Cordilleras Mexicanas (C.M.P), talud continental superior de las Cordilleras Mexicanas (C.M.T), plataforma continental del Banco de Campeche (B.C.P), talud continental superior del Banco de Campeche (B.C.T) y Planicie Abisal de Sigsbee (P.A.S).

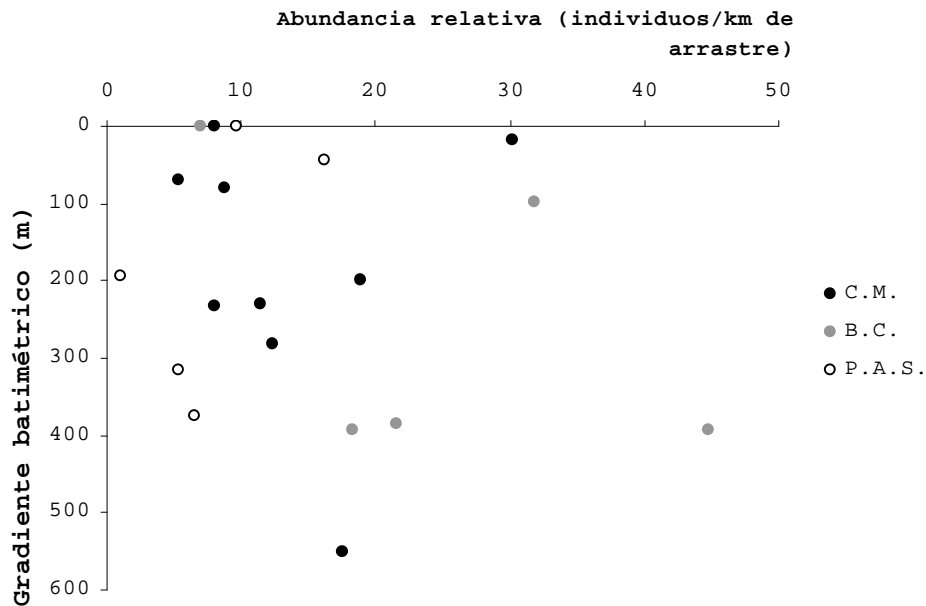


Figura 6. Correlación entre la abundancia relativa (individuos/km de arrastre) y el gradiente batimétrico (m). Cordilleras Mexicanas (C.M.), Banco de Campeche (B.C.) y Planicie Abisal de Sigsbee (P.A.S.).

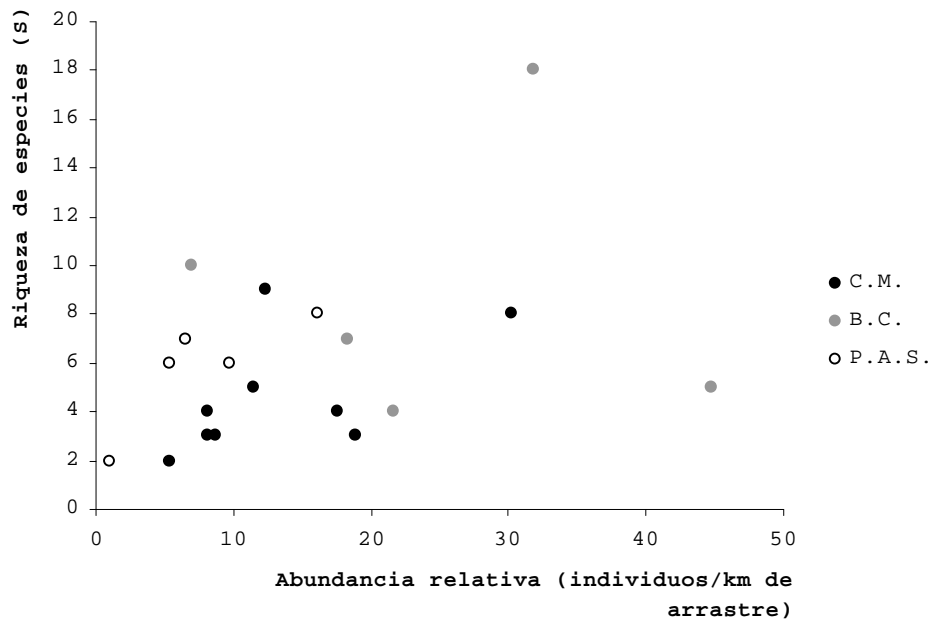


Figura 7. Correlación entre la abundancia relativa (individuos/km de arrastre) y la riqueza de especies (S). Cordilleras Mexicanas (C.M.), Banco de Campeche (B.C.) y Planicie Abisal de Sigsbee (P.A.S.).

En la Planicie Abisal de Sigsbee se recolectaron 72 individuos en los 5 arrastres efectuados en la región. La abundancia relativa varió de 1.08 a 16.2 individuos/km de arrastre, ocurriendo el mínimo a 3,545 m de profundidad y el máximo a 3,395 m (promedio = 7.77 ± 5.63 individuos/km de arrastre). Los valores de abundancia relativa de la planicie abisal sólo difirieron significativamente con los ocurridos en el talud continental superior del Banco de Campeche (Prueba de Tukey: $p=0.008$; fig. 5).

La variación en la abundancia relativa no estuvo relacionada con el gradiente batimétrico (Fig. 6), así como tampoco con la variación en la riqueza de especies (Fig. 7).

Caracterización por abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia. En la región geográfica de las Cordilleras Mexicanas se encontró 1 especie dominante de la familia Turridae, perteneciente al orden Neogastropoda (Fig. 8); como componente frecuente se registró 1 especie de la familia Cassidae, clasificada en el orden Neotaenioglossa; el resto de las especies recolectadas en la región se consideraron componentes raros.

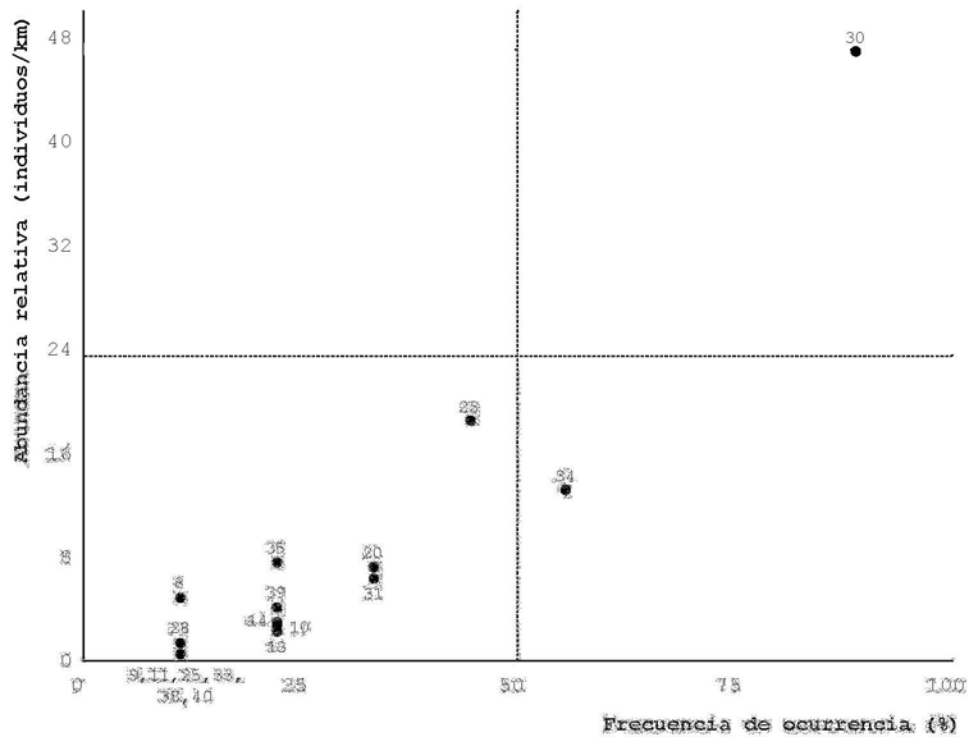


Figura 8. Caracterización por abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia de las especies recolectadas en las Cordilleras Mexicanas. Las etiquetas de los puntos son el número de referencia en la tabla 4.

El componente dominante del Banco de Campeche (Fig. 9) estuvo caracterizado por 1 especie de la familia Trochidae, orden Archaeogastropoda y otra especie de la familia Propeamussidae, orden Ostreoida. El componente frecuente estuvo caracterizado por 1 especie de la familia Turridae y 1 especie de la familia Buccinidae, ambas familias del orden Neogastropoda. Las demás especies recolectadas en la región fueron el componente raro para el Banco de Campeche.

En la Planicie Abisal de Sigsbee (Fig. 10) el componente dominante se caracterizó por ser 1 especie de la familia Nuculanidae, orden Nuculida. El componente frecuente fueron 1 especie de la familia Cavoliniidae, orden Thecosomata, y 1 especie de la familia Dentaliidae, orden Dentaliida. El componente indicador de la región estuvo caracterizado por 1 especie de la familia Cuspidariidae, orden Pholadomyoidea, y 1 especie de la familia Acteonidae, orden Thecosomata. El resto de las especies recolectadas en la Planicie Abisal de Sigsbee fueron componentes raros.

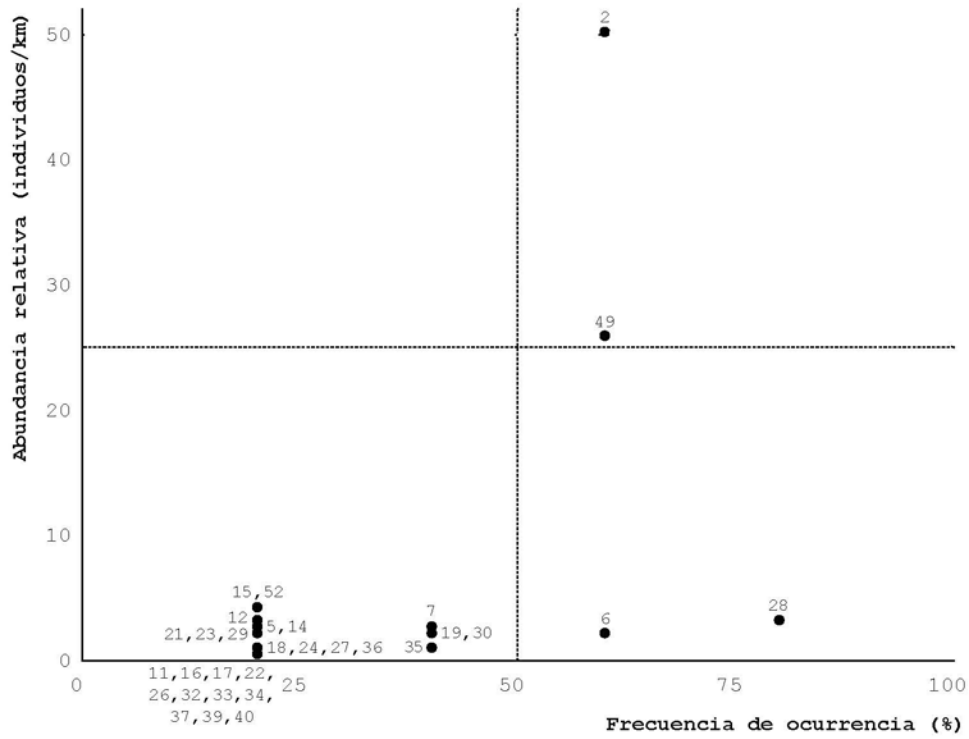


Figura 9. Caracterización por abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia de las especies recolectadas en el Banco de Campeche. Las etiquetas de los puntos son el número de referencia en la tabla 4.

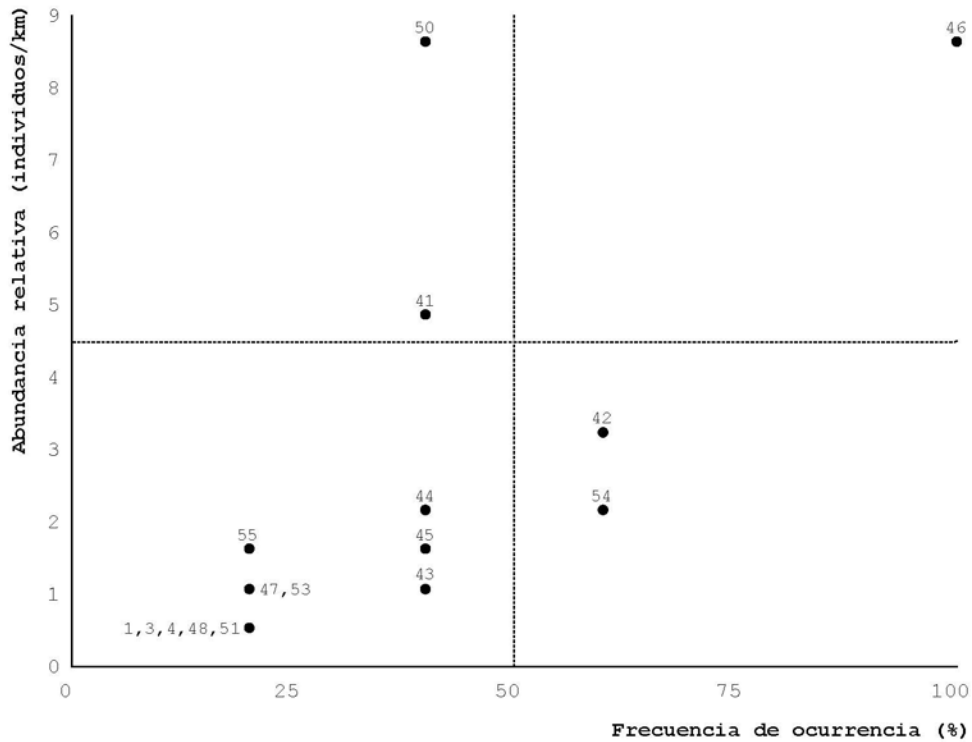


Figura 10. Caracterización por abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia de las especies recolectadas en la Planicie Abisal de Sigsbee. Las etiquetas de los puntos son el número de referencia en la tabla 4.

Diversidad

Alfa. La diversidad alfa (H') en la plataforma continental de las Cordilleras Mexicanas (Fig. 11) varió de un mínimo de 0.69 a un máximo de 1.02 (H' promedio = 0.84 ± 0.17), ocurriendo el mínimo a 129 m de profundidad, y el máximo a 48 m. Hacia el talud continental superior de la misma región, la diversidad alfa varió de 0.83 a 1.99 (H' promedio = 1.27 ± 0.47), siendo el mínimo a 248 m y el máximo a 330 m de profundidad.

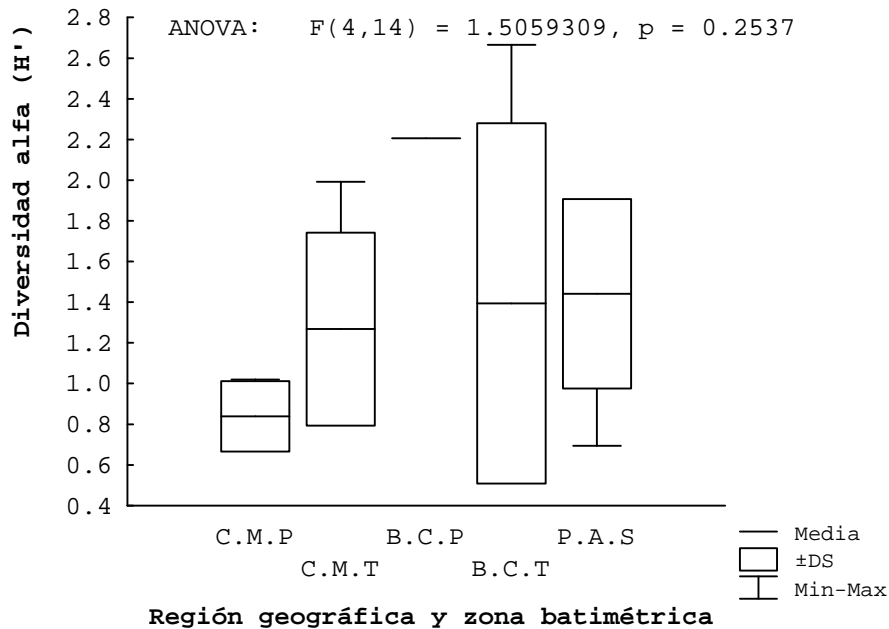


Figura 11. Análisis de ANOVA de la diversidad alfa (H') por región geográfica y zona batimétrica. Plataforma continental de las Cordilleras Mexicanas (C.M.P), talud continental superior de las Cordilleras Mexicanas (C.M.T), plataforma continental del Banco de Campeche (B.C.P), talud continental superior del Banco de Campeche (B.C.T) y Planicie Abisal de Sigsbee (P.A.S).

La diversidad en la plataforma continental del Banco de Campeche (Fig. 11), fue similar a la registrada en la plataforma continental de las Cordilleras Mexicanas, ya que registró en el único arrastre una diversidad alfa de 2.2 a 154 m de profundidad. En el talud continental superior del Banco de Campeche la diversidad alfa varió de 0.65 a 2.22 (H' promedio = 1.39 ± 0.89), ocurriendo el mínimo a 539 m y el máximo a 253 m de profundidad.

La diversidad alfa en la Planicie Abisal de Sigsbee registró valores de 0.69 a 1.86 (H' promedio = 1.44 ± 0.46), siendo el mínimo a 3,545 m y el máximo a 3,725 m de profundidad.

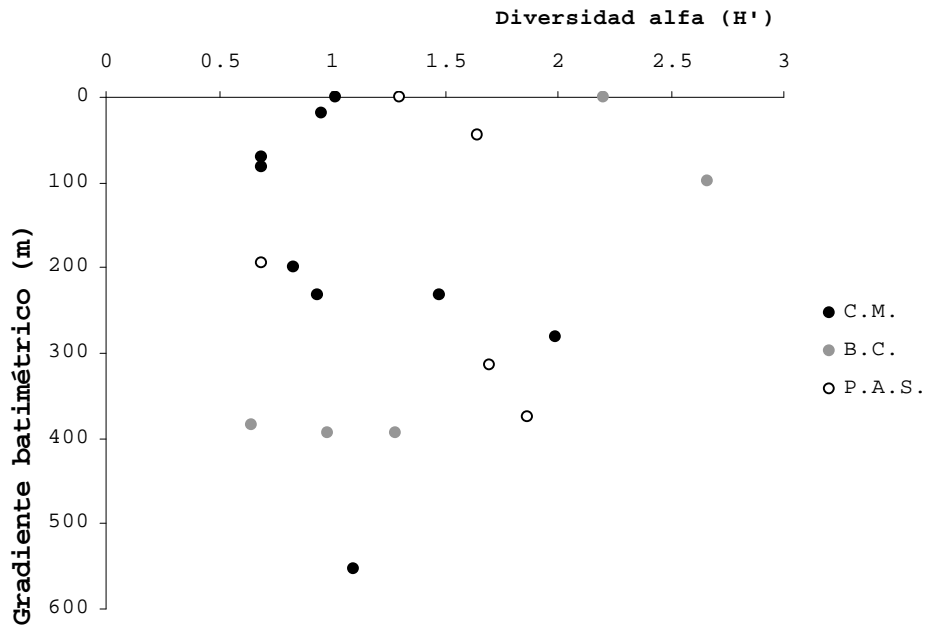


Figura 12. Correlación entre la diversidad alfa (H') y el gradiente batimétrico (m).

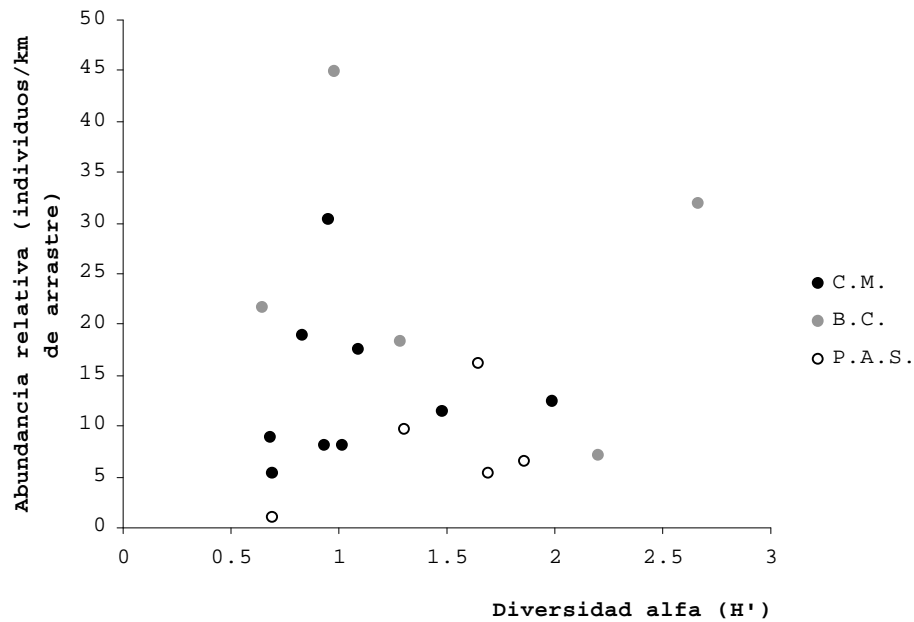


Figura 13. Correlación entre la diversidad alfa (H') y la abundancia relativa (individuos/km de arrastre).

La diversidad alfa no se relacionó con cambios en el gradiente batimétrico (Fig. 12) y tampoco con variaciones en la abundancia relativa (Fig. 13).

Beta. La tasa de recambio de especies o diversidad beta (Fig. 14) fue mayor en las Cordilleras Mexicanas (1.93), seguida por la Planicie Abisal de Sigsbee (1.61). El Banco de Campeche tuvo la menor tasa de recambio de especies (1.45).

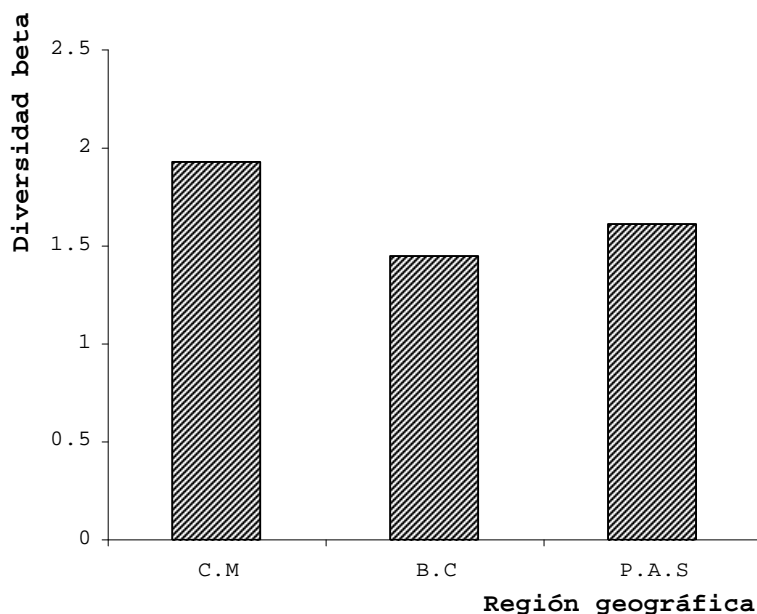


Figura 14. Diversidad beta por región geográfica. Cordilleras Mexicanas (C.M), Banco de Campeche (B.C) y Planicie Abisal de Sigsbee (P.A.S).

Equidad. Los valores de equidad (J') en la plataforma continental de las Cordilleras Mexicanas, variaron de 0.46 a 1 (J' promedio = 0.70 ± 0.23), registrándose el mínimo a 67 m de profundidad y el máximo a 119 m (Fig. 15). En el talud continental superior de la misma región, la equidad varió de 0.76 a 0.92 (J' promedio = 0.84 ± 0.07), ocurriendo el mínimo a 248 m y el máximo a 279 m de profundidad.

En la plataforma continental del Banco de Campeche se registró un valor de equidad (J') de 0.96 para el único arrastre efectuado en la zona a 154 m de profundidad. Hacia el talud continental superior, los valores de equidad variaron de 0.47 a 0.92 (J' promedio = 0.66 ± 0.19), siendo el valor mínimo a 539 m y el máximo a 253 m de profundidad.

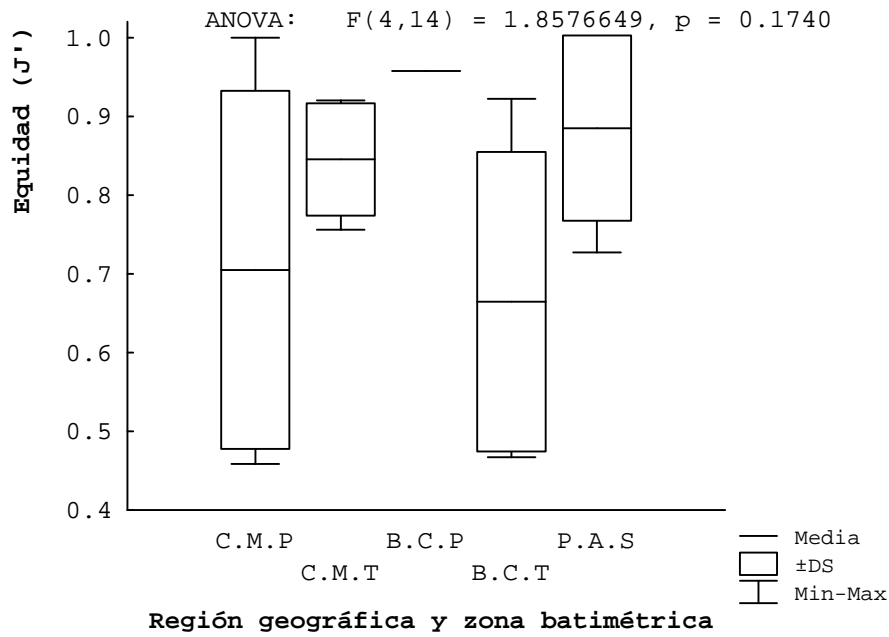


Figura 15. Análisis de ANOVA de la equidad (J') por región geográfica y zona batimétrica. Plataforma continental de las Cordilleras Mexicanas (C.M.P), talud continental superior de las Cordilleras Mexicanas (C.M.T), plataforma continental del Banco de Campeche (B.C.P), talud continental superior del Banco de Campeche (B.C.T) y Planicie Abisal de Sigsbee (P.A.S.).

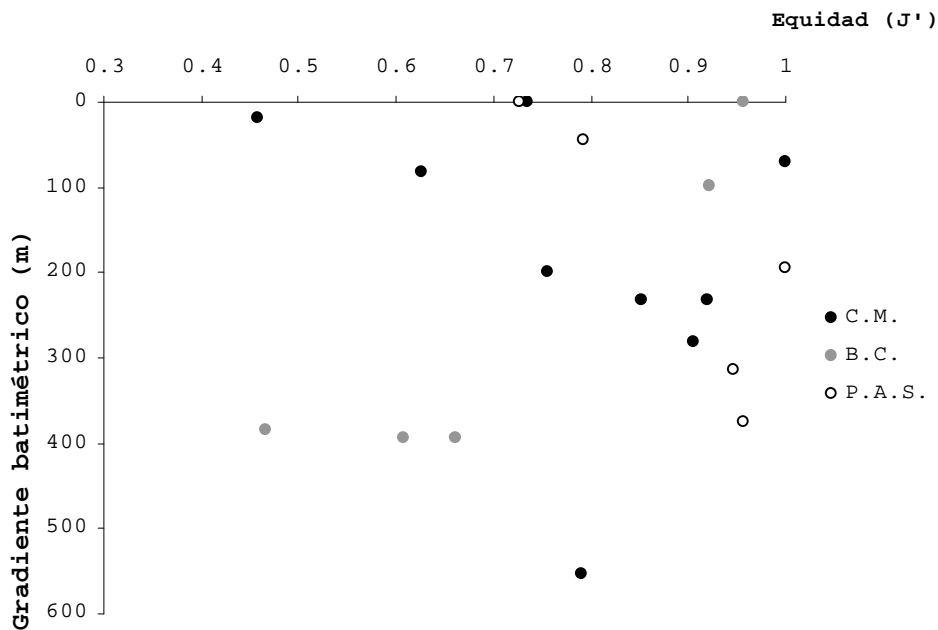


Figura 16. Correlación entre la equidad (J') y el gradiente batimétrico (m). Cordilleras Mexicanas (C.M.), Banco de Campeche (B.C.) y Planicie Abisal de Sigsbee (P.A.S.).

En la Planicie Abisal de Sigsbee (Fig. 15) los valores de equidad (J') variaron de 0.73 a 1 (J' promedio = 0.88 ± 0.12), ocurriendo el mínimo a 3,350 m de profundidad y el máximo a 3,545 m.

La equidad (J') no se relacionó con cambios en la profundidad (Fig. 16) y tampoco con variaciones en la diversidad alfa (H') (Fig. 17).

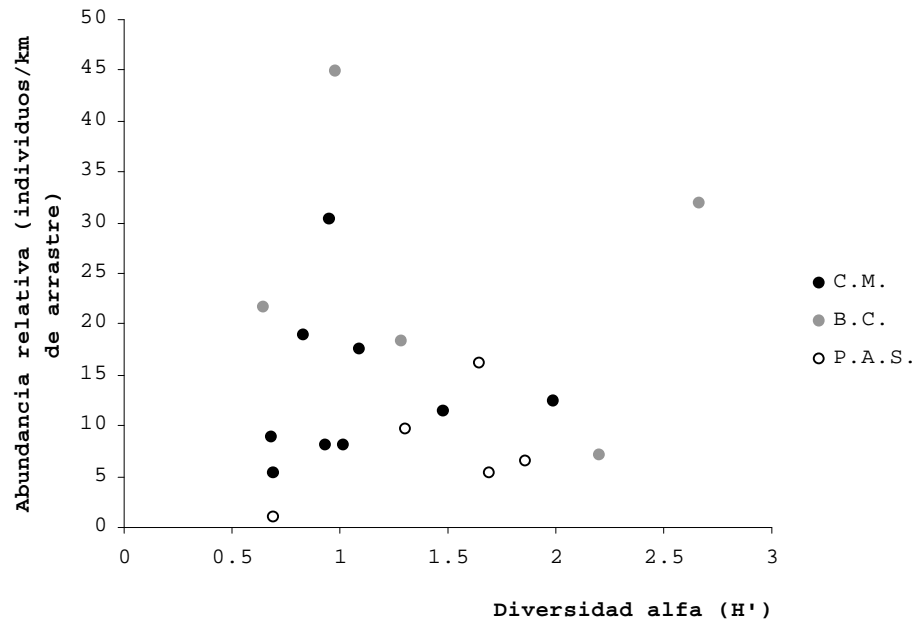


Figura 17. Correlación entre la equidad (J') y la diversidad alfa (H'). Cordilleras Mexicanas (C.M.), Banco de Campeche (B.C.) y Planicie Abisal de Sigsbee (P.A.S.).

Afinidad. Los resultados del análisis de redundancia (RDA) mostraron que el 33.73% de las especies recolectadas tuvieron una afinidad por región geográfica o por una de las zonas de profundidad. Solamente el 4.49% tiene afinidad por ambas (Fig. 16) esto es, tanto por región geográfica como por zona batimétrica (ANOVA, $F = 1.7806$, $p = 0.037$). De todas las especies, el 28.82% presentan afinidad a 1 sola de las 3 regiones geográficas (ANOVA, $F = 2.024$, $p = 0.0275$). Las especies que ocurren exclusivamente en la Planicie Abisal de Sigsbee mostraron mayor afinidad que aquellas que solamente ocurren en el Banco de Campeche o en las Cordilleras Mexicanas, debido a que estas últimas presentan especies en común y con abundancias muy bajas. El 9.39% del total de las

especies estuvieron definidas significativamente por el gradiente de profundidad (ANOVA, $F = 1.761$, $p = 0.03$).

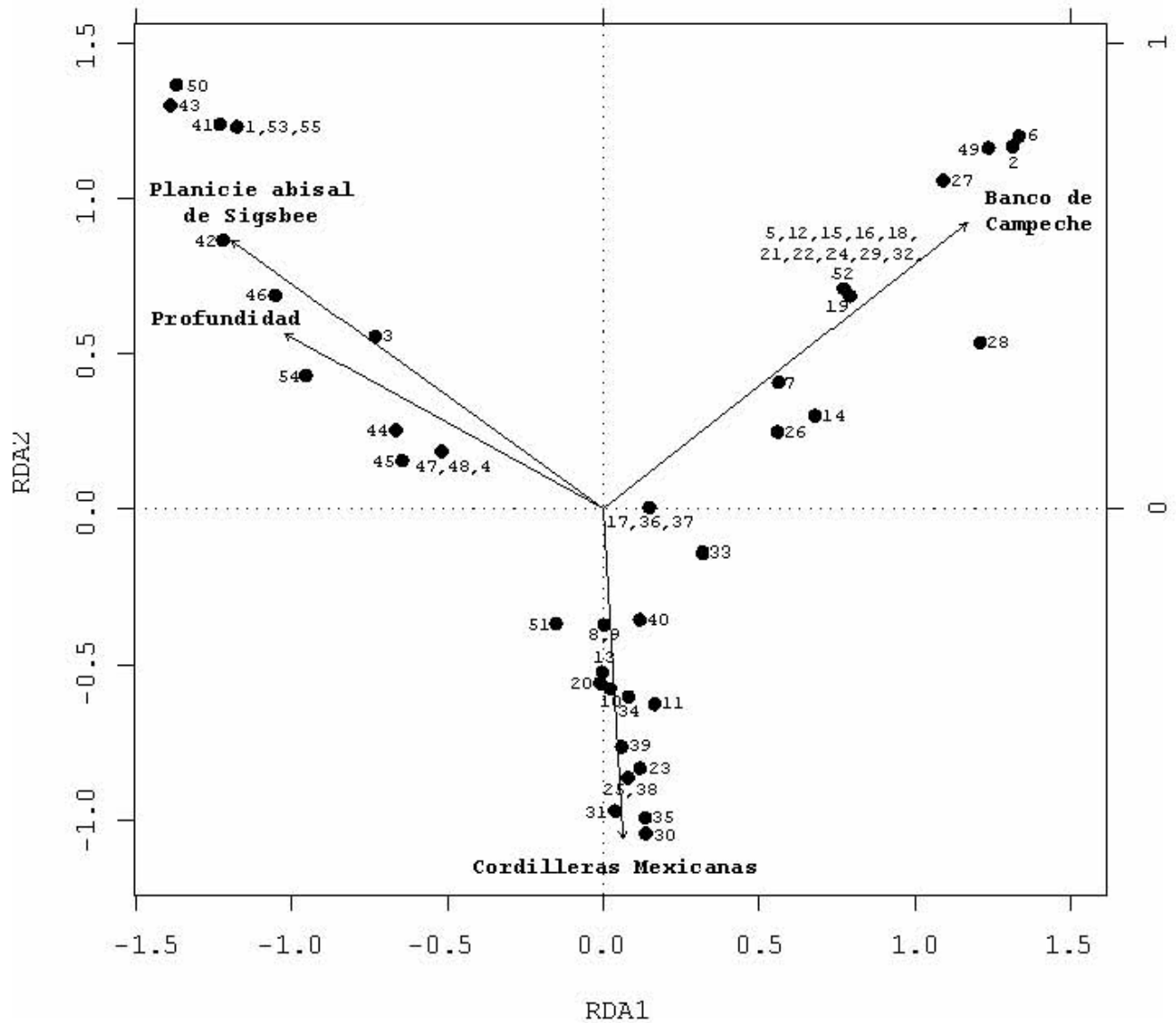


Figura 18. Gráfica de doble proyección del análisis de redundancia para las especies de la asociación de moluscos definidos a lo largo de los ejes por marcadores (· número) para las 3 regiones geográficas y el gradiente de profundidad. El número de referencia de las especies se encuentra en la tabla 4.

Discusión

Composición. Los resultados obtenidos a partir de las recolectas en la región de las Cordilleras Mexicanas difieren con los estudios previos en la zona (Barajas-Sánchez, 1989; Vázquez y Gracia, 1994; Pérez-Rodríguez, 1997) debido al aporte de terrígenos del Río Tuxpan y la pluma que generan hacia la cuenca del Golfo de México (Cruz-Abrego *et al.*, 1992) variando en cobertura de un año a otro, lo que afecta al establecimiento de comunidades de organismos filtradores en su área de influencia. Por lo que en el presente estudio la composición de moluscos fue de organismos de hábitos mayormente depredadores y en menor grado herbívoros (Abbott, 1974). La razón por la cual difirió la composición malacológica del arrastre a 48 m de profundidad en la región de las Cordilleras Mexicanas, con el resto de los arrastres en la región, fue la cercanía de la estación a la desembocadura del Río Tuxpan. Las diferencias encontradas en la composición faunística de arrastres efectuados en la misma región se explican de igual forma en diferente año.

En el Banco de Campeche donde no existen aporte de ríos, se encontró una composición más variada, sin un predominio claro por familias depredadoras, y con la presencia de organismos filtradores (Abbott, 1974), a diferencia de las Cordilleras Mexicanas donde fue nula su presencia. En contraste, en la Planicie Abisal de Sigsbee, la asociación de moluscos estuvo compuesta principalmente por organismos filtradores y en menor proporción carroñeros (Abbott, 1974), sin la presencia de organismos depredadores debido a que en mar profundo las especies depredadoras son más vulnerables a una disminución en el alimento disponible, por la pérdida progresiva de energía a partir de niveles tróficos inferiores a niveles tróficos más altos (Rex, 1976, 1981). Por lo que las especies depredadoras encontradas en la plataforma y talud superior continental fueron remplazadas por especies filtradoras hacia la planicie abisal.

Riqueza de especies. La riqueza de especies baja registrada en las Cordilleras Mexicanas, en comparación con el Banco de Campeche, se atribuyó a la inestabilidad física del hábitat, por la influencia de la pluma del Río Tuxpan

en las estaciones más someras (Cruz-Abrego et al., 1992); y en las estaciones más profundas a la formación de corrientes de turbidez, que tienden a generarse en pendientes pronunciadas, como lo es el talud. Estas corrientes remueven el sedimento así como la fauna que se encuentra en él, incorporándolo a su flujo (Kennett, 1982), e impidiendo el establecimiento definitivo de las comunidades. El sedimento arrastrado se deposita finalmente en los valles que forman los escarpes, acumulando depósitos de terrígenos con alto contenido de materia orgánica; con el paso del tiempo, la presión y la actividad bacteriana, estos depósitos forman hidrocarburos (López-Ramos, 1995), que pueden afectar a las comunidades bentónicas del área. Estas condiciones adversas no ocurren en el Banco de Campeche, propiciando un establecimiento de mayor cantidad de especies, además está en cercanía con el mar Caribe, que es considerado un punto de alta diversidad (Warmke y Abbott, 1961), de donde migraron gran cantidad de especies hacia nuevas áreas (Gaston, 2003).

El presente estudio registró valores en riqueza de especies (S) menores a los registrados por estudios previos en la plataforma continental de la región, pero se debe considerar que los estudios anteriores fueron realizados en la zona intermareal hasta profundidades máximas de 180 m, empleándose redes de arrastre, dragas para fondos rocosos, así como la extracción manual (Rice y Kornicker, 1965; Pérez-Rodríguez, 1997).

A pesar de las diferencias en el número de especies recolectadas como producto del método de colecta distinto, coincide este estudio con los estudios de Pérez-Rodríguez (1997) y Baqueiro (2004) que destacan la importancia del Banco de Campeche por el número elevado de especies de moluscos.

Abundancia. La abundancia relativa baja que se registró en la Planicie Abisal de Sigsbee se debió a que hacia el mar profundo el alimento escasea al incrementarse la profundidad, así como la distancia de zonas costeras de alta productividad, reduciendo en abundancia a la megafauna bentónica (Rowe et al., 1982; Limpitt et al., 1986). A diferencia del Banco de Campeche, que al ser un antiguo arrecife de coral, ahora sumergido desde el Holoceno (Hubbard, 1997) se

caracterizó por tener una batimetría y profundidad variada por ser una estructura calcárea; por lo que la exposición al oleaje cambia de un área a otra, produciendo distintos hábitats donde se establecen con éxito diversos grupos de organismos (Knowlton y Jackson, 2001).

La diferencia encontrada entre el talud y la plataforma continental del Banco de Campeche, se debe a que no se tienen suficientes datos para calcular la variabilidad de la abundancia relativa en la plataforma continental, por lo que su único valor fue distinto a las variaciones ocurridas en el talud continental superior.

En el presente estudio la abundancia presentó diferencias significativas entre las 3 regiones geográficas, destacando, al igual que en estudios previos (Pérez-Rodríguez, 1997; Baqueiro, 2004), el Banco de Campeche con una abundancia promedio del doble (29.16 ± 11.92 individuos/km de arrastre) de lo recolectado en las Cordilleras Mexicanas y 3 veces mayor que el valor promedio en la Planicie Abisal de Sigsbee (13.69 ± 4.47 individuos/km de arrastre y 7.77 ± 5.63 individuos/km de arrastre, respectivamente).

La máxima abundancia no siempre ocurre a profundidades someras, ya que la zona comprendida por la plataforma continental es influenciada, en mayor grado que otras zonas batimétricas, por los factores ambientales y por las actividades humanas (Sanders y Hessler, 1969; Rex, 1976; Barajas-Sánchez, 1989), diezmando a las poblaciones en las zonas someras.

Los estudios enfocados a la distribución de los bivalvos muestran que su riqueza de especies y abundancia aumenta del talud superior hacia el talud inferior continental y la elevación continental, disminuyendo nuevamente hacia las planicies abisales (Rex, 1981; Rex *et al.*, 1997). Los estudios de Sanders y Hessler (1969), Rowe *et al.* (1982) y Rex (1983) reconocieron un decremento marcado en la densidad de gasterópodos depredadores conforme aumenta la profundidad a partir del reborde continental y el talud continental superior, como se ha documentado en el orden Neogastropoda (Rex, 1976). En contraste, los

gasterópodos detritívoros, como los órdenes Archaeogastropoda y Mesogastropoda, muestran un decremento sutil (Rex et al., 1990).

Caracterización de la composición. Las regiones geográficas del Banco de Campeche y las Cordilleras Mexicanas se caracterizaron por la presencia de 1 o 2 especies dominantes, teniendo abundancias cercanas a 50 individuos/km de arrastre. Estos valores sobrepasaron las abundancias cercanas a 7 individuos/km de arrastre que registraron el resto de las especies, considerándose raras.

Hacia la Planicie Abisal de Sigsbee no se encontró una dominancia tan marcada por la abundancia relativa de las especies, debido a que los bajos valores de abundancia registrados (abundancia promedio = 7.77 ± 5.63 individuos/km de arrastre) impidieron que 1 o 2 especies dominaran sobre las demás, en la proporción que ocurrió en las Cordilleras Mexicanas y el Banco de Campeche.

Se debe señalar que la especie *Polystira albida* y *Propeamussium dalli*, que se caracterizaron como dominantes en el presente estudio, para las Cordilleras Mexicanas y el Banco de Campeche, respectivamente. Fueron registradas por estudios previos en la plataforma continental del Golfo de México como poco abundantes (Abbott, 1974; Vázquez y Gracia, 1994; García-Cubas et al., 1999), distribuyéndose de las costas del centro del estado de Veracruz hacia la Península de Yucatán. Pero se debe tomar en cuenta las profundidades de muestreo, ya que este estudio realizó arrastres entre los 48 y 600 m de profundidad, a diferencia de los estudios anteriores que se consideraron muestreos entre los 0 y 180 m de profundidad. Lo que sugiere que la especie se distribuye hacia la plataforma externa continental y el talud continental superior.

En las regiones más profundas existe un reemplazo de las especies depredadoras por detritívoras, siendo acorde a lo encontrado en este estudio, ya que se encuentran sometidas a un bajo nivel de depredación, pero a la vez a una alta competencia entre ellas por el alimento proveniente de aguas superficiales; a diferencia de las especies depredadoras que son más sensibles a la disminución

en el alimento disponible (Limpitt *et al.*, 1986), por lo que su frecuencia de ocurrencia y abundancia decrecen.

Diversidad. Por definición, la diversidad alfa medida con el índice de Shannon-Weaver (Shannon y Weaver, 1963) varía dependiendo de la riqueza de especies, así como la frecuencia en que éstas ocurren, y se encontró que los valores de diversidad, en este estudio no fueron influenciados por la abundancia relativa y el cambio de profundidad.

Debido a lo anterior los valores de diversidad fueron en proporción semejantes a la riqueza de especies, explicándose su variación entre las regiones geográficas y zonas batimétricas por los mismos factores que intervinieron en la distribución de la riqueza específica.

La creencia de que las zonas más profundas de los océanos carecen de vida y por lo tanto de diversidad, contrasta con los valores encontrados de diversidad alfa registrados en este estudio para la Planicie Abisal de Sigsbee ($H' = 1.44 \pm 0.46$) siendo los más altos después de la plataforma continental del Banco de Campeche (2.2 en la única estación muestreada). Varios estudios (Rex, 1981; Rex *et al.*, 1990; Grassle y Maciolek, 1992) registraron una alta diversidad en las zonas más profundas de los océanos, hecho que contrasta con la baja abundancia que caracterizó a éstas zonas. Se han propuesto explicaciones al origen y distribución de la diversidad en zonas abisales, siendo la última propuesta por Rex, *et al* (2005) donde establecieron que las especies encontradas a esas profundidades provinieron de migraciones del talud continental inferior, buscando refugio a la depredación. Pocas colonias de estos individuos lograron adaptarse a la baja disponibilidad de alimento, especializándose a ese ambiente, lo que originó el particular endemismo de ciertas especies a esas profundidades. Pero la gran parte de los individuos no lograron establecer colonias con abundancia suficiente para mantenerse, sin embargo, se siguió registrando su presencia debido a la continua migración proveniente de zonas menos profundas.

La mayor tasa de recambio de especies encontrada en las Cordilleras Mexicanas (diversidad beta = 1.93) se debió a la heterogeneidad del sedimento entre las

estaciones de muestreo. El sedimento en las estaciones más someras estuvo constituido principalmente por terrígenos, ricos en materia orgánica provenientes de la pluma que genera el Río Tuxpan (Cruz-Abrego *et al.*, 1992) asentándose poblaciones que se ven beneficiadas por la disposición de alimento. Hacia las estaciones más profundas en el talud continental superior, no hay tal influencia de la pluma del Río Tuxpan; pero podrían generarse corrientes de turbidez a partir del reborde continental hacia los escarpes, removiendo constantemente el sedimento, por lo que los individuos en estas estaciones representan organismos adaptados a un medio cambiante, y por lo tanto fueron especies distintas a las recolectadas en la plataforma continental.

En el Banco de Campeche la diversidad beta fue menor, porque no se recolectó en estaciones someras como en las Cordilleras Mexicanas (48 - 129 m de profundidad) y la única estación en plataforma continental fue cercana al talud continental superior (154 m de profundidad), por lo que varias especies fueron comunes para la plataforma continental y el talud continental superior.

Hacia la Planicie Abisal de Sigsbee los valores de diversidad beta (1.61) mostraron que las comunidades a esas profundidades no son tan homogéneas como se creía; debido a que la disponibilidad de alimento varía dependiendo de la cercanía a la costa y/o sitios de alta producción primaria en aguas superficiales, a perturbaciones ocasionadas por corrientes de fondo y otros organismos, y la composición del sedimento (Gage y Tyler, 1991). Así mismo a la presencia de infiltraciones frías de metano, que pueden sostener comunidades quimiosintéticas numerosas (Kennicutt II *et al.*, 1988).

Equidad. Los resultados indicaron que la Planicie Abisal de Sigsbee mantuvo una distribución más homogénea de la abundancia relativa dentro de las especies que se recolectaron; a diferencia de las otras 2 regiones geográficas y zonas batimétricas, donde se encontró que en 1 o 2 especies se concentró un 50% de la abundancia relativa calculada para cada una de las regiones. Esto se debió a que a mayores profundidades la falta de alimento condicionó el tamaño de las poblaciones, por lo que no se pudieron mantener especies que dominaran en

números poblacionales. Pero hacia aguas más someras, la disponibilidad de alimento es tal que permite un mayor crecimiento poblacional, permitiendo la dominancia por ciertas especies que aprovecharon mejor los recursos y estuvieron mejor adaptadas a las condiciones de vida de aguas más someras.

Afinidad a las regiones geográficas y la profundidad. En el estudio realizado en aguas someras por García-Cubas *et al.* (1999) en la porción oriental del Banco de Campeche, mencionaron que no es evidente el efecto de la profundidad en la distribución de los moluscos en la plataforma continental, debido a que concurren en un amplio rango de profundidad. Esto se comprobó en los resultados del presente estudio, ya que la afinidad encontrada por las especies al gradiente batimétrico fue menor (9.39%) en comparación con la afinidad por regiones (28.82%). Todas las especies que mostraron afinidad por la profundidad fueron recolectadas en la planicie abisal, ya que la diferencia de profundidad es tal que ninguna especie ocurre en otra zona batimétrica analizada en este estudio. A diferencia del talud continental y la plataforma continental donde concurren simultáneamente varias especies.

Conclusiones

La asociación de moluscos en el sector suroeste del Golfo de México estuvo representada por especies de las clases Gastropoda (77.64%), Bivalvia (18.90%) y Scaphopoda (3.46%), teniendo las últimas 2 clases mayor presencia de especies en la Planicie Abisal de Sigsbee, en comparación con las regiones del Banco de Campeche y las Cordilleras Mexicanas, que se caracterizaron por la predominancia de especies de la clase Gastropoda y sólo por 1 especie de la clase Scaphopoda y otra de la clase Bivalvia.

La composición faunística de la asociación de moluscos varió entre regiones geográficas y por zona batimétrica; permitiendo agruparlas por un análisis de clasificación en grupos que se explican a partir de una zonación en cada una de las regiones geográficas.

números poblacionales. Pero hacia aguas más someras, la disponibilidad de alimento es tal que permite un mayor crecimiento poblacional, permitiendo la dominancia por ciertas especies que aprovecharon mejor los recursos y estuvieron mejor adaptadas a las condiciones de vida de aguas más someras.

Afinidad a las regiones geográficas y la profundidad. En el estudio realizado en aguas someras por García-Cubas *et al.* (1999) en la porción oriental del Banco de Campeche, mencionaron que no es evidente el efecto de la profundidad en la distribución de los moluscos en la plataforma continental, debido a que concurren en un amplio rango de profundidad. Esto se comprobó en los resultados del presente estudio, ya que la afinidad encontrada por las especies al gradiente batimétrico fue menor (9.39%) en comparación con la afinidad por regiones (28.82%). Todas las especies que mostraron afinidad por la profundidad fueron recolectadas en la planicie abisal, ya que la diferencia de profundidad es tal que ninguna especie ocurre en otra zona batimétrica analizada en este estudio. A diferencia del talud continental y la plataforma continental donde concurren simultáneamente varias especies.

Conclusiones

La asociación de moluscos en el sector suroeste del Golfo de México estuvo representada por especies de las clases Gastropoda (77.64%), Bivalvia (18.90%) y Scaphopoda (3.46%), teniendo las últimas 2 clases mayor presencia de especies en la Planicie Abisal de Sigsbee, en comparación con las regiones del Banco de Campeche y las Cordilleras Mexicanas, que se caracterizaron por la predominancia de especies de la clase Gastropoda y sólo por 1 especie de la clase Scaphopoda y otra de la clase Bivalvia.

La composición faunística de la asociación de moluscos varió entre regiones geográficas y por zona batimétrica; permitiendo agruparlas por un análisis de clasificación en grupos que se explican a partir de una zonación en cada una de las regiones geográficas.

La riqueza de especies de la asociación de moluscos fue mayor en el Banco de Campeche, seguida por la riqueza en la Planicie Abisal de Sigsbee y finalmente el valor más bajo fue en las Cordilleras Mexicanas.

La abundancia varió significativamente entre regiones geográficas siendo ésta más elevada en el Banco de Campeche, menor en las Cordilleras Mexicanas, y la más baja en la Planicie Abisal de Sigsbee. Estos valores junto con la frecuencia caracterizaron a las especies en componentes dominantes (14.55%) como *Polystira albida* y *Gaza superba*, raros (65.45%), indicadores para cada región (14.55%) como *Sconsia striata* para el Banco de Campeche, y frecuentes (5.45%) como *Gemmula periscelida*.

La diversidad alfa fue mayor en el Banco de Campeche, en comparación con las Cordilleras Mexicanas y con la Planicie Abisal de Sigsbee. En las Cordilleras Mexicanas se observó la mayor tasa de recambio de especies entre su plataforma y talud continental superior (diversidad beta).

Los resultados en equidad permitieron afirmar que la cantidad de individuos recolectados en la planicie abisal se encontraron homogéneamente distribuidos en el número de especies identificadas. A diferencia de las otras 2 regiones geográficas donde se encontró cierta dominancia por 1 o 2 especies.

La fauna malacológica mostró afinidad a regiones geográficas en un 28.82%, en 9.39% al gradiente batimétrico y solamente el 4.49% de las especies mostraron una afinidad por región y zona batimétrica, siendo especies exclusivas de la Planicie Abisal de Sigsbee.

Literatura Citada

- Abbott, T., 1974. American Seashells: The Marine Mollusca of the Atlantic and Pacific Coasts of North America. 2ª Ed. Van Nostrand Reinhold Company. Estados Unidos de América, pp. 1-663.
- Antoine, J.W., Martin, R.G., Pyle, T.G., Bryant, W.R., 1974. Continental margins of the Gulf of Mexico. In: Burk, C. A., Drake, C. L. (Eds.). The geology

La riqueza de especies de la asociación de moluscos fue mayor en el Banco de Campeche, seguida por la riqueza en la Planicie Abisal de Sigsbee y finalmente el valor más bajo fue en las Cordilleras Mexicanas.

La abundancia varió significativamente entre regiones geográficas siendo ésta más elevada en el Banco de Campeche, menor en las Cordilleras Mexicanas, y la más baja en la Planicie Abisal de Sigsbee. Estos valores junto con la frecuencia caracterizaron a las especies en componentes dominantes (14.55%) como *Polystira albida* y *Gaza superba*, raros (65.45%), indicadores para cada región (14.55%) como *Sconsia striata* para el Banco de Campeche, y frecuentes (5.45%) como *Gemmula periscelida*.

La diversidad alfa fue mayor en el Banco de Campeche, en comparación con las Cordilleras Mexicanas y con la Planicie Abisal de Sigsbee. En las Cordilleras Mexicanas se observó la mayor tasa de recambio de especies entre su plataforma y talud continental superior (diversidad beta).

Los resultados en equidad permitieron afirmar que la cantidad de individuos recolectados en la planicie abisal se encontraron homogéneamente distribuidos en el número de especies identificadas. A diferencia de las otras 2 regiones geográficas donde se encontró cierta dominancia por 1 o 2 especies.

La fauna malacológica mostró afinidad a regiones geográficas en un 28.82%, en 9.39% al gradiente batimétrico y solamente el 4.49% de las especies mostraron una afinidad por región y zona batimétrica, siendo especies exclusivas de la Planicie Abisal de Sigsbee.

Literatura Citada

- Abbott, T., 1974. American Seashells: The Marine Mollusca of the Atlantic and Pacific Coasts of North America. 2ª Ed. Van Nostrand Reinhold Company. Estados Unidos de América, pp. 1-663.
- Antoine, J.W., Martin, R.G., Pyle, T.G., Bryant, W.R., 1974. Continental margins of the Gulf of Mexico. In: Burk, C. A., Drake, C. L. (Eds.). The geology

- of the Continental Margins. Springer-Verlag. New York, Estados Unidos de América, pp. 683-693.
- Balsam, W.L., Beeson, J.P., 2003. Sea-floor sediment distribution in the Gulf of Mexico. *Deep Sea Research I* 50, 1421-1444.
- Baqueiro, E.R., 2004. Estado actual de los recursos malacológicos del golfo de México. En: Caso, M.C., Pisanty, I., Ezcurra, E. (Eds.), *Diagnóstico Ambiental del golfo de México 1*. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, pp. 323-357.
- Barajas-Sánchez, M.B., 1989. Prospección de la abundancia, distribución y diversidad de moluscos (Bivalvos) y su relación con factores ambientales en la costa sur del estado de Tamaulipas, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, sin publicar, pp. 1-159.
- Begon, M., Harper, J.L., Townsend, C.L., 1990. *Ecology: individuals, populations and communities*. Second edition. Sinauer, Massachusetts, Estados Unidos de América, pp. 3-951.
- Bray, J.R., Curtis, J.T., 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27, 325-349.
- Brusca, R.C., Brusca, G.J., 2003. *Invertebrates*. 2ª Ed. Sinauer Associates, Inc. Estados Unidos de América, pp. 701-770.
- Campos-Castán, J., 1981. Contribución a la sedimentología y morfología de la plataforma continental frente a las costas de Campeche, México. *Investigaciones Oceanográficas* 10, 1-46.
- Childress, J., Fisher, C., Brooks, J., Kennicut II, M., Bidigare, R., Anderson, A., 1986. A methanotrophic marine molluscan (Bivalvia, Mytilidae) symbiosis: Mussels fueled by gas. *Science* 233, 1306-1308.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), 1982. *Ciencia y Tecnología para el Aprovechamiento de los recursos marinos (situación actual, problemática y políticas indicativas)*. Centro Cultural Universitario C. U. México, pp. 1-115.

- Corliss, J.B., Ballard, R.D., 1977. Oasis of life in the cold abyss. *National Geographic Magazine* 152, 441-453.
- Cruz-Ábrego, F.M., García-Cubas, A., Flores-Andolais, F., 1987. Contribución al estudio de la fauna malacológica de la sonda de Campeche, México. Resúmenes del Primer Congreso Internacional de Ciencias del Mar del 9 al 12 de junio de 1987. Cd. de la Habana, Cuba, pp. 17-35.
- Cruz-Abrego, F.M., Flores-Andolais, F., Solís-Weiss, V., 1992. Distribución de moluscos y caracterización ambiental en zonas de descarga de aguas continentales del golfo de México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México* 18, 247-259.
- Dall, W.H., 1886. Report on the results of dredging, under the supervision of Alexander Agassiz, in the Gulf of Mexico (1877-78), and in the Caribbean Sea (1879-80) by the U. S. coast survey steamer BLAKE XXIV, Part I. Brachiopoda and Pelecypoda. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology Harvard University* 12, 171-318.
- Dall, W.H., 1889. Report on the results of dredging, under the supervision of Alexander Agassiz, in the Gulf of Mexico (1877-78), and in the Caribbean Sea (1879-80) by the US coast survey streamer BLAKE XXIV, Part II. Gastropoda and Scaphopoda. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology Harvard University* 18, 1-492.
- Elliott, B.A., 1982. Anticyclonic rings in the Gulf of Mexico. *Journal of Physical Oceanography* 12, 1292-1309.
- Etter, R.J., Rex, M.A., 1990. Population differentiation decreases with depth in deep-sea gastropods. *Deep-Sea Research* 37, 1251-1261.
- Fedonkin, M.A., Waggoner, B.M., 1997. The late Precambrian fossil *Kimberella* is a mollusk-like bilaterian organism. *Nature* 388, 868-871.
- Gage, J.D., Tyler, P.A., 1991. *Deep-Sea Biology: a natural history of organisms at the deep-sea floor*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, pp. 61-249.

- Gallaway, B.J., Cole, J.G., Martin, L.R., 2001. The Deep Sea Gulf of Mexico: An overview and guide. National Outer Continental Shelf Study, Minerals Management Service 2001-065, Louisiana, Estados Unidos de América, pp. 1-27.
- García-Cubas, A., Escobar, F., Reguero, M., 1999. Gasterópodos Marinos de la Península de Yucatán, México. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural 49, 127-146.
- Gaston, K.J., 2003. The how and why of biodiversity. Nature 6929, 900-901.
- Grassle, J.F., Maciolek, N.J., 1992. Deep-sea species richness: Regional and local diversity estimates from quantitative bottom samples. American Naturalist 139, 313-341.
- Halfpeter, G., 1998. A strategy for measuring landscape biodiversity. Biology International 36, 3-17.
- Hamilton, P., 1990. Deep currents in the Gulf of Mexico. Journal of Physical Oceanography 20, 1087-1104.
- Hubbard, D.K., 1997. Reefs as dynamic systems. En: Birkeland, C. (ed). Life and Death of Coral Reefs. Chapman & Hall, New York, Estados Unidos de América, pp. 43-67.
- Keen, A.M., Coan E., 1974. Marine Molluscan Genera of Western North America: An Illustrated Key. Stanford University Press, Stanford, Estados Unidos de América, pp. 1-208.
- Kennett, J.P., 1982. Marine geology. Prentice Hall, New Jersey, Estados Unidos de América, pp. 405-423.
- Kennicutt II, M.C., Brooks, J.M., Bidigare, R.R., Denoux, G.J., 1988. Gulf of Mexico hydrocarbon seep communities: Regional distribution of hydrocarbon seepage and associated fauna. Deep Sea Research 35^a, 1639-1651.
- Knowlton, N., Jackson, J.B.C., 2001. The ecology of coral reefs. En: Kennish, M.J. (ed). Practical handbook of marine science. 3a. Edición. Library of Congress, Estados Unidos de América, pp. 395-422.

- Legendre, P., Gallagher, E., 2001. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia* 129, 271-280.
- Limpitt, R.S., Billet, D.S.M., Rice, A.L., 1986. Biomass of the invertebrate megabenthos from 500 to 4100 m in the northeast Atlantic Ocean. *Marine Biology* 93, 69-81.
- Lloyd, M., Ghelardi, R.S., 1964. A table for calculation the "equitability" component of species diversity. *Journal of Animal Ecology* 33, 217-225.
- López-Ramos, E., 1995. *Geología general y de México*. 7a. Edición. Trillas, Distrito Federal, México, pp. 143-151.
- López-Vera E., Heimer de la Cotera, E.P., Maillo, M., Riesgo-Escovar, J.R., Olivera, B.M., Aguilar, M.B., 2004. A novel structural class of toxins: the methionine-rich peptides from the venoms of turrid marine snails (Mollusca, Conoidea). *Toxicon* 43, 365-374.
- Lonsdale, P., 1977. Deep-tow observations at the mounds abyssal termal field, Galápagos Rift. *Herat and Planetary Letters* 36, 92-110.
- MacDonald, I.R., Reilly, J.F., Guinasso, N.L., Brooks, J.M., Carney, R.S., Bryant, W.A., Bright, T.J., 1990. Chemosynthetic mussels at a Brine-Filled Pockmark in the northern Gulf of Mexico. *Science* 248, 1096-1099.
- Olivera, B.M., Rivier, J., Clark, C., Ramilo, C.A., Corpuz, G.P., Abogadie, F.C., Mena, E.E., Woodward, S.R., Hillyard, D.R., Cruz, L.J., 1990. Diversity of Conus neuropeptides. *Science* 249, 257-263.
- Olmstead, P.W., Tukey. J.W., 1947. A corner test of association. *Annals of Statistics* 18, 495-513.
- Pearson, K., 1896. *Mathematical contributions to the theory of Evolution*. III. Regression, heredity and panmixia. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 187, 253-318.
- Peek, A.S., Gustafson, R.G., Lutz, R.A., Vrijenhoek, R.C., 1997. Evolutionary relationships of deep-sea hydrothermal vent and cold-water seep clams (Bivalvia: Vesicomidae): results from the mitochondrial cytochrome oxidase subunit I. *Marine Biology* 130, 151-161.

- Pequegnat, W.E., 1983. The ecological communities of the continental slope and adjacent regimes of the northern Gulf of Mexico. Report of Contract AA851-CTI-12. Mineral Management Service. Estados Unidos de América, pp. 1 - 195.
- Pérez-Rodríguez, R., 1997. Moluscos de la Plataforma Continental del Atlántico Mexicano. Departamento de publicaciones de rectoría general, Universidad Autónoma Metropolitana, México, pp. 10-259.
- Pineda, J. 1993. Boundary effects on the vertical ranges of deep-sea benthic species. *Deep Sea Research Part I* 40, 2179-2192
- Pineda, J., Caswell, H., 1998. Bathymetric species-diversity patterns and boundary constraints on vertical range distribution. *Deep Sea Research Part II* 45, 83-101
- Powell, S.M., Haedrich, R.L., McEachran, J.D., 2003. The Deep-sea demersal fish fauna of the Northern Gulf of Mexico. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* 31, 19-33.
- R Development Core Team, 2005. R 2.1.1: A Language and Environment for Statistical Computing. Versión 2.1.1.
- Reguero, M., García-Cubas, A., 1993. Estado Actual de la Investigación sobre Diversidad de Moluscos en México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural (Vol. Esp.)* 44, 191-207
- Rex, M.A., 1973. Deep-sea species diversity: decreased gastropod diversity at abyssal depths. *Science, Washington* 181, 1051-1053.
- Rex, M.A., 1976. Biological accommodation in the deep-sea benthos: comparative evidence on the importance of predation and productivity. *Deep Sea Research* 23, 975-987.
- Rex, M.A., 1981. Community structure in the deep-sea benthos. *Annual Review of Ecology and Systematics* 12, 331-353.
- Rex, M.A., 1983. Geographic patterns of species diversity in deep-sea benthos. En: *The Sea*. Rowe, G.T. (ed). Wiley, New York, Estados Unidos de América, Vol. 8 pp. 453-472.

- Rex, M.A., Etter, R.J., Nimeskern, P.W., 1990. Density estimates for deep-sea gastropod assemblages. *Deep Sea Research Part A* 37, 555-569.
- Rex, M.A., Stuart, C.T., Hessler, R.R., Allen, J.A., Sanders, H.L., Wilson, G.D.F., 1993. Global-scale latitudinal patterns of species diversity in the deep-sea benthos. *Nature* 365, 636-639.
- Rex, M.A., Etter, R.J., Stuart, C.T., 1997. Large-scale patterns of diversity in the deep-sea benthos. En: Ormond, R.F.G., Gage, J.G., Angel, M.V. (Eds.), *Marine Biodiversity: Patterns and processes*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, pp. 94-121.
- Rex, M.A., Stuart, C.T., Coyne, G., 2000. Latitudinal gradients of species richness in the deep-sea benthos of the North Atlantic. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 97, 4082-4085.
- Rex, M.A., McClain, C.R., Johnson, N.A., Etter, R.J., Allen, J.A., Bouchet, P., Warén, A., 2005. A source-sink hypothesis for abyssal biodiversity. *The American Naturalist* 165, 163-178.
- Rice, W.H., Kornicker, L.S., 1965. Mollusks from the deeper waters of the northwestern Campeche Bank, Mexico. *Publications of the Institute of Marine Science. University of Texas* 10, 108-172.
- Roberts, H.H., McBride, R.A., Coleman, J.M., 1999. Outer shelf and slope geology of the Gulf of Mexico: An overview. En: Kumpf, H, Steidinger, D., Sherman, K. (Eds), *The Gulf of Mexico Large Marine Ecosystem: Assessment, Sustainability, and Management*. Blackwell Science. Berlin, Alemania, pp. 205-234.
- Rowe, G.T., Polloni, P.T., Haedrich, R.L., 1982. The deep-sea macrobenthos on the continental margin of the northwest Atlantic Ocean. *Deep-Sea Research* 29, 257-278.
- Sanders, H.L., Hessler, R.R., 1969. Ecology of the deep-sea benthos. *Science* 163, 1419-1424.
- Scheltema, A.H., 1997. Aplacophoran mollusks: deep-sea analogs to polychaetes. *Bulletin of Marine Science* 60, 575-583.

- Shannon, C.E., Weaver, W., 1963. The Mathematical Theory of Communication, University of Illinois Press, Urbana, Estados Unidos de América, pp. 1-115.
- Shepard, F.P., Phleger, F.B., Andel, T.V., 1960. Recent sediments, northwest Gulf of Mexico. American Association of Petroleum Geology Tulsa, Oklahoma, pp. 1-394.
- Valdés, A., 2001. Depth-related adaptations, speciation processes and evolution of color in the genus *Phyllidiopsis* (Mollusca: Nudibranchia). Marine Biology 139, 485-496.
- Vázquez, A.R., Gracia, A., 1994. Macroinvertebrados bénticos de la Plataforma Continental del Suroeste del golfo de México. Publicaciones Especiales 12, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 1-97.
- van Dover, C.L., German, C.R., Speer, K.G., Parson, L.M., Vrijenhoek, R.C., 2002. Evolution and Biogeography of Deep-Sea Vent and Seep Invertebrates. Science 295, 1253-1257.
- Vidal, V.M.V., Vidal, F.V., Morales, R., Hernández, A., Pérez-Molero, J.M., 1987. On the influence of cyclonic-anticyclonic ring interactions on the distribution of hydrographic properties in the Gulf of Mexico during the fallo of 1986. EOS Transactions, American Geophysical Union 68, 1-134.
- Vidal, V.M.V., Vidal, F.V., Hernández, A., Meza, E., Pérez-Molero, J.M., 1994. Baroclinic flows, transports, and kinematic properties in a cyclonic-anticyclonic-cyclonic ring triad in the Gulf of Mexico. Journal of Geophysics Research 99, 7571-7597.
- Warmke, G.S., Abbott, R.T., 1961. Caribbean seashells: A guide to the marine mollusks of Puerto Rico and other West Indian Islands, Bermuda and the Lower Florida Keys. Dover Publications, New York, Estados Unidos de América, pp. 3-328.