



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**VARIACIÓN ESPACIAL DE LA ABUNDANCIA Y  
DIVERSIDAD DE LOS AMPHINOMIDA, EUNICIDA Y  
SPIONIDA (ANNELIDA: POLYCHAETA) EN LA  
PLATAFORMA CONTINENTAL DEL OESTE DEL  
GOLFO DE MÉXICO**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**BIÓLOGA**

**P R E S E N T A:**

**ANDREA ALEJANDRA MARTÍNEZ GARCÍA**



**DIRECTOR DE TESIS:  
DR. PABLO HERNÁNDEZ ALCÁNTARA**

**Ciudad Universitaria, CD. MX., 2022**



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.

1. Datos del alumno  
Martínez  
García  
Andrea Alejandra  
5514554810  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
Biología  
417052494
2. Datos del tutor  
Dr.  
Pablo  
Hernández  
Alcántara
3. Datos del sinodal 1  
Dra.  
Ana Margarita  
Hermoso  
Salazar
4. Datos del sinodal 2  
Dr.  
Benjamín  
Quiroz  
Martínez
5. Datos del sinodal 3  
M. en C.  
Ivette  
Ruiz  
Boijseauneau
6. Datos del sinodal 4  
Dr.  
Alejandro  
Estradas  
Romero
7. Datos del trabajo escrito  
Variación espacial de la abundancia y diversidad de los Amphinomida, Eunicida y Spionida (Annelida: Polychaeta) en la plataforma continental del Oeste del Golfo de México  
75 pp.  
2022

*El océano era mágico para ella, sus profundidades y misterios eran ilimitados,  
su llamada irresistible.*

**Jeff Mariotte**

## Dedicatoria

A mis padres, Fernando y Xóchitl †. Han sido el pilar de mi desarrollo y siempre me han impulsado a alcanzar mis sueños. Este trabajo es fruto del esfuerzo y cariño que han puesto en mí y en mi educación, desde el primer día de escuela hasta mi primer congreso como ponente.

A mis hermanos, Fer y Frank. Siempre me han acompañado en los mejores y peores momentos. Sus consejos y palabras de aliento siempre llegan en momentos clave. Amo crecer a su lado.

A mi abuelita Lupita † y mis tíos Emma y Julio. Sus atenciones y apoyo a lo largo de este periodo quedarán siempre en mi corazón.

A mi tía Faby, mi tío Alexis † y mis primas Faby y Did. Crecieron en mí el deseo de estudiar en la UNAM y me apoyaron en el proceso de ingreso por examen de admisión a la carrera de mis sueños, en la universidad de mis sueños.

A los que me han acompañado de cerca en este camino y en la carrera, la familia Vado Beyer, Mariana, Maki, Angy, Karla, Lupita, Diego y Patricio. Me escucharon y alentaron en los momentos de mayor cansancio y desmotivación. Gracias por los comentarios constructivos, las palabras de aliento y, sobre todo, las carcajadas que lograron provocarme en el camino. Su compañía ha hecho que la universidad y mi estancia en Ciudad de México haya sido una experiencia extraordinaria.

## Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ciencias. Por la oportunidad de ser parte de su comunidad estudiantil y formarme académicamente.

A mi asesor, Dr. Pablo Hernández Alcántara. Profe, le agradezco el haber aceptado ser mi tutor en este proyecto y por su disposición para apoyarme cada que iba a su cubículo y posteriormente cada que pedía llamadas o videollamadas para aclarar mis dudas, todas ellas. Gracias por su paciencia, porque este trabajo me ha dado herramientas que, más allá de lo académico, me han ayudado a crecer en lo personal. Gracias por confiar en mis capacidades aún cuando yo no lo hacía y por todo el conocimiento que ha compartido conmigo a lo largo de este proyecto.

A la Dra. Ana Margarita Hermoso. Gracias por los consejos y comentarios al inicio de la tesis, definitivamente hacer la tesis es un ejercicio de formación importante para los estudiantes. Estoy contenta de no haber tirado la toalla, porque definitivamente he crecido conforme mi tesis ha ido mejorando. Agradezco también tu disposición para formar parte de mi jurado, así como los comentarios y reflexiones sobre mi trabajo.

Al Dr. Alejandro Estradas. Gracias por tu apoyo y disposición para enseñarme a utilizar Ocean Data View para mejorar la presentación de mis datos, era lo que le hacía falta a mi tesis. Gracias por los valiosos comentarios a la hora de revisar mi tesis y por la calidez con la que siempre respondes mis dudas.

Al Dr. Benjamín Quiroz y a la M. en C. Ivette Ruiz. Gracias por aceptar ser parte de mi jurado y, sobre todo, por el tiempo que invirtieron en la revisión de mi tesis y los valiosos comentarios que hicieron para mejorar la redacción de este escrito. Ivette, gracias también por tu asesoramiento, los consejos que me diste y por siempre recordarme que “Nadie dijo que sería fácil, solamente divertido” durante mi breve estancia en el Laboratorio de Ficología.

A la Dra. Vivianne Solís Weiss. Por brindarme, a través del Laboratorio de Ecología y Biodiversidad de Invertebrados Marinos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, la

posibilidad de llevar a cabo este trabajo y por la utilización del material recolectado en la campaña oceanográfica DINAMO VII.

A la tripulación del B/O Justo Sierra, a los académicos y alumnos que participaron en el crucero DINAMO VII. Por la recolección del material biológico.

A mis compañeros de laboratorio Aurora, Diana, Melissa, Shariff, y Ara. Gracias por hacer amena y memorable mi estancia en el laboratorio. Aurora, te agradezco especialmente por tu apoyo en cuestiones técnicas, de redacción y computacionales, si no me hubieras ayudado a instalar PRIMER, los análisis de datos no hubieran sido posibles durante la pandemia. Además, gracias por siempre hacerme notar con una pequeña risa que mis grandes crisis, no eran tan grandes y tenían solución.

A Mariana y Ata. Gracias por leer en más de una ocasión mi escrito a lo largo de su redacción y por acompañarme, ya fuera en persona o en línea, de día o de noche, mientras yo escribía mi tesis. Su apoyo incondicional fue clave para la conclusión de este proyecto.

A mi familia. Sin ustedes, nada de esto habría sido posible.

## Lista de contenidos

<b>Resumen</b>	<b>9</b>
<b>Introducción</b>	<b>10</b>
<b>Antecedentes</b>	<b>14</b>
<b>Justificación</b>	<b>17</b>
<b>Hipótesis</b>	<b>18</b>
<b>Objetivos</b>	<b>19</b>
<b>Área de estudio</b>	<b>20</b>
<b>Material y método</b>	<b>25</b>
Recolección de muestras	25
Identificación taxonómica	26
Análisis de datos	27
Caracterización de la estructura ambiental	27
Análisis de la fauna poliquetológica	28
Relaciones fauna-ambiente	29
<b>Resultados</b>	<b>30</b>
Caracterización de la estructura ambiental	30
Composición taxonómica	36
Listado faunístico de poliquetos Amphinomida, Eunicida y Spionida en la plataforma continental del oeste del Golfo de México (clasificación de Rouse, 2000)	36
Problemas taxonómicos	38
Especies potencialmente nuevas para la ciencia	43
Distribución espacial y batimétrica de la fauna poliquetológica	48
Agrupamientos faunísticos	51
Relación fauna-ambiente	55
<b>Discusión</b>	<b>58</b>
Estructura ambiental	58
Distribución espacial y batimétrica de la fauna poliquetológica	60
<b>Conclusiones</b>	<b>68</b>
<b>Referencias</b>	<b>69</b>

## Lista de figuras

Figura 1. Morfología general de un poliqueto (familia Nereididae).	10
Figura 2. Golfo de México; el recuadro oscuro muestra el área de estudio.	21
Figura 3. Ubicación de las estaciones de muestreo en la plataforma continental de Tamaulipas y el norte de Veracruz.	25
Figura 4. Variación espacial de: a) la profundidad, b) temperatura y c) salinidad en el área de estudio durante la campaña DINAMO VII.	31
Figura 5. Variación espacial de la temperatura (°C) y salinidad (ups) durante la campaña DINAMO VII.	31
Figura 6. Variación espacial de los porcentajes de: a) limo, b) arcilla y c) arena en el área de estudio durante la campaña DINAMO VII.	32
Figura 7. Variación espacial de porcentaje de materia orgánica en el área de estudio durante la campaña DINAMO VII.	33
Figura 8. Diagrama de ordenación del PCA de acuerdo con las variables ambientales evaluadas.	34
Figura 9. Diagrama de ordenación del PCA sobre las variables ambientales evaluadas en las estaciones de muestreo según la región geográfica en la que se ubican.	35
Figura 10. Porcentaje de especies y géneros por familia de poliquetos recolectados en la campaña oceanográfica DINAMO VII	48
Figura 11. Variación espacial de: a) el número de especies y b) la densidad (ind./0.1m <sup>2</sup> ) de poliquetos por estación en el área de estudio durante la campaña DINAMO VII.	50
Figura 12. Variación de la diversidad de Shannon (H') y dominancia de Simpson (D) por estación.	51
Figura 13. Distribución espacial de los grupos faunísticos (I, M+E) por nivel batimétrico generado por el nMDS.	53
Figura 14. Distribución espacial de las estaciones de acuerdo con su ubicación en las regiones norte o sur, generado por el nMDS.	54
Figura 15. nMDS de acuerdo con la composición y densidad de las especies por estación, resaltando las diferencias regionales de la fauna que habita en la plataforma interna.	54
Figura 16. Comparación entre todas las estaciones del área de estudio: a) diagrama de ordenación del PCA de acuerdo con las variables ambientales y b) la distribución de la fauna generada por el nMDS.	55
Figura 17. Comparación entre estaciones del grupo faunístico <i>P. yokoyamai</i> – <i>P. treadwelli</i> : a) diagrama de ordenación del PCA de acuerdo con las variables ambientales en las estaciones del grupo y b) la distribución espacial de las estaciones donde se presenta el grupo faunístico generada por el nMDS.	56
Figura 18. Comparación entre estaciones del grupo faunístico <i>P. yokoyamai</i> : a) diagrama de ordenación del PCA de acuerdo con las variables ambientales y b) la distribución espacial de las estaciones donde se presenta el grupo faunístico generada por el nMDS.	57

## Resumen

Los poliquetos son uno de los grupos de invertebrados más importantes en los sistemas bénticos, representan hasta el 70% de los individuos y el 65% de las especies, sobre todo en fondos blandos. A pesar de ello, los estudios sobre estos anélidos en la porción occidental del Golfo de México son relativamente escasos y poco se conoce sobre su composición y distribución regional. Por lo que, el objetivo del presente trabajo fue analizar las variaciones espaciales de la abundancia y diversidad de los Amphinomida, Eunicida y Spionida en la plataforma continental del oeste del golfo, y determinar la influencia de los factores ambientales sobre su distribución. Para ello se tomaron muestras en 21 estaciones con profundidades entre 20.8 y 174.9 m, por medio de nucleador de caja tipo Reineck ( $0.25 \text{ m}^2$ ), adicionalmente se evaluó la temperatura, salinidad, contenido de materia orgánica y tipo de sedimento en cada estación. Los sitios de muestreo fueron ordenados batimétricamente de acuerdo con su posición en la plataforma interna (20-50 m), media (51-100 m) o externa (101-175 m), y regionalmente en las zonas norte y sur con su límite frente a la desembocadura del río Soto la Marina. Se identificaron 605 ejemplares pertenecientes a 57 especies y 19 géneros de las familias Amphinomidae, Eunicidae, Onuphidae, Magelonidae, Poecilochaetidae y Spionidae; 9 especies son potencialmente nuevas para la ciencia. Spionidae fue la familia más diversa (19 spp.), mientras que Poecilochaetidae estuvo representada por solo tres especies. Las especies dominantes fueron *Paraprionospio yokoyamai* (215 ind.) y *Paraprionospio treadwelli* (141 ind.), que representaron el 59% de la fauna. En promedio, la mayor diversidad se presentó en la plataforma interna ( $H'=2.17$ ,  $DS=0.69$ ) y media ( $H'=2.1$ ,  $DS=1.35$ ); regionalmente, no hubo diferencias en la diversidad entre el norte ( $H'=1.99$ ,  $DS=0.93$ ) y el sur ( $H'=1.91$ ,  $DS=1.15$ ). Se definieron dos agrupamientos faunísticos principales ( $R_{ANOSIM}=0.419$ ,  $p=0.001$ ), asociados con su distribución batimétrica: el grupo *Paraprionospio yokoyamai-Paraprionospio treadwelli*, localizado en la plataforma interna, presentó una fauna más abundante y diversa ( $\bar{x}=191.5$  ind./ $0.1 \text{ m}^2$ ;  $\bar{x}=9.6$  spp./est.) que el grupo *Paraprionospio yokoyamai* ( $\bar{x}=67.6$  ind./ $0.1 \text{ m}^2$ ;  $\bar{x}=6$  spp./est.), distribuido en profundidades mayores a 51 m (plataforma media y externa); precisamente, *P. yokoyamai* alcanzó sus mayores abundancias en estas profundidades. A pesar de que en el norte se recolectó un mayor número de individuos ( $\bar{x}_{\text{sur}}=183$  ind./ $0.1 \text{ m}^2$ ;  $\bar{x}_{\text{norte}}=63.6$  ind./ $0.1 \text{ m}^2$ ) y especies que en el sur ( $\bar{x}_{\text{sur}}=8.67$  especies;  $\bar{x}_{\text{norte}}=6.42$  especies), regionalmente no se detectaron diferencias significativas ( $R_{ANOSIM}=0.056$ ,  $p=0.202$ ); no obstante, entre la plataforma interna de estas dos regiones se detectaron diferencias en la composición y densidad de los poliquetos. Debido a la heterogeneidad ambiental del área de estudio, la distribución de la fauna no presentó una correlación significativa con las variaciones ambientales ( $R_{\text{HORELATE}}=0.29$ ,  $p=0.001$ ), y solo la presencia del grupo *P. yokoyamai-P. treadwelli* en la plataforma interna estuvo asociada con los cambios en temperatura ( $\rho=0.547$ ).

## Introducción

La Clase Polychaeta Grube, 1850 es la más abundante y diversa del Phylum Annelida Lamarck 1809 con alrededor de 85 familias, 1,417 géneros y 11,456 especies válidas (Pamungkas *et al.*, 2019). El desarrollo de los poliquetos se inicia a partir de tres capas embrionarias por lo que se les denomina triblásticos. Son organismos protostomados, la boca se desarrolla a partir del blastoporo, y esquizocelomados, su cavidad celómica se forma a partir de masas pares y bilaterales del mesodermo que se ahuecan. Son invertebrados con simetría bilateral y metaméricos, su cuerpo se divide en segmentos que se repiten (Brusca *et al.*, 2002). De manera general, su cuerpo está dividido en tres regiones básicas: porción anterior o acrón, metastomio y pigidio (Figura 1).

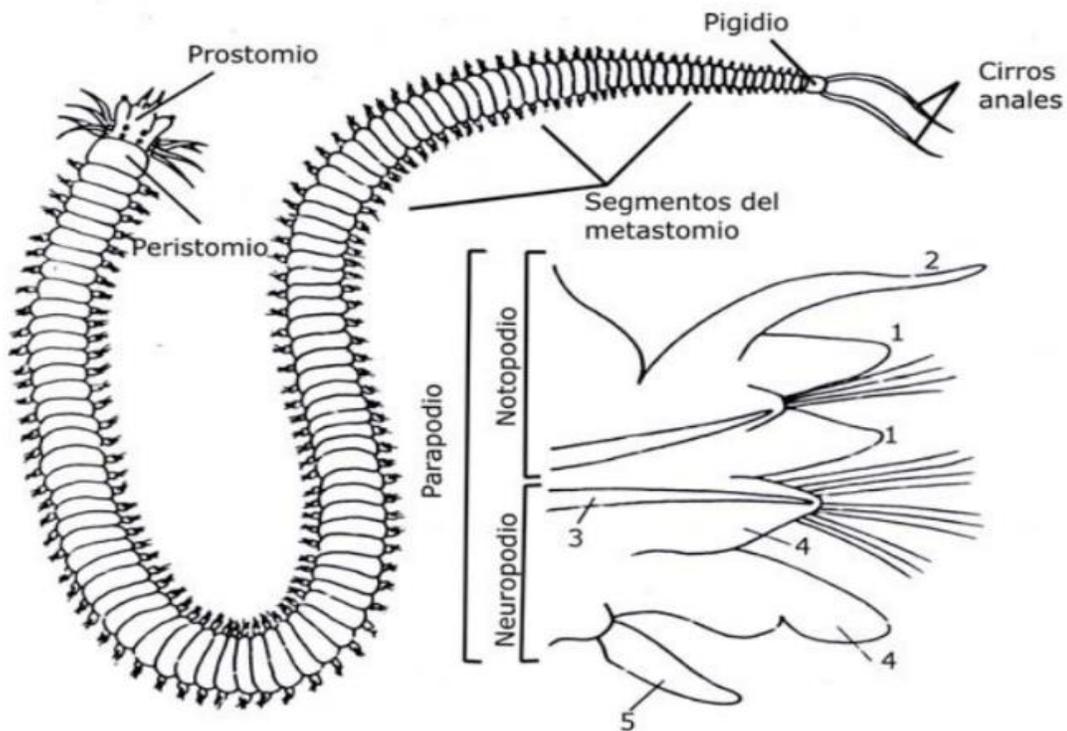


Figura 1. Morfología general de un poliqueto (familia Nereididae). En el acercamiento lateral del parapodio se señalan los lóbulos notopodiales (1); cirro dorsal (2) del notópodo; acículas (3); lóbulos neuropodiales (4); y el cirro ventral del neuropodio (5) (Tomado de Viéitez *et al.*, 2004).

La porción anterior o acrón se constituye por el prostomio. El prostomio suele estar bien desarrollado, puede ser cónico, redondeado, cuadrado, en forma de pala, en forma de “T”, o estar completamente modificado en una corona tentacular. Los órganos sensoriales o apéndices como ojos, palpos, órganos nucales y antenas pueden encontrarse en el prostomio (Figura 1). No obstante,

los ojos pueden estar presentes en otras regiones corporales, como en los radiolos de los sabélidos o entre los parápodos de algunos ofélidos (Tovar-Hernández, 2009). El nivel de desarrollo de estas estructuras depende de los hábitos de vida de las especies de cada familia. Por ejemplo, entre las familias que se estudiaron en el presente trabajo, en Eunicidae, Onuphidae y Poecilochaetidae los órganos sensoriales están bien desarrollados, mientras que en los Amphinomidae pueden estar reducidos. En el caso de los Magelonidae y Spionidae el prostomio se encuentra modificado y en los Maldanidae, además, carecen de ojos (De León-González *et al.*, 2009; Mortimer, 2010). Después del acrón se encuentra el peristomio, que es el primer segmento verdadero, es un anillo muscular en el que se encuentra la boca en posición ventral; puede poseer cirros tentaculares, los cuales en ocasiones son de importancia taxonómica a nivel de género, como en el caso de la familia Onuphidae. En otras familias, como la Cirratulidae, el peristomio puede estar fusionado con el prostomio y el primer o primeros segmentos del metastomio (Glasby *et al.*, 2000; De León-González *et al.*, 2009; Mortimer, 2010).

El metastomio, tronco o soma está dividido en segmentos cilíndricos. Puede ser homómero o heterómero de acuerdo con la forma y similitud de los segmentos. El cuerpo es homómero si los segmentos y apéndices asociados son similares entre sí, o heterómero cuando presentan diferencias y pueden distinguirse regiones como el tórax y el abdomen. Los segmentos presentan internamente una cavidad celómica, nefridios, celomaductos y los ganglios del cordón nervioso en la zona ventral; un par de parápodos se encuentran en la parte lateral de cada segmento (De León-González *et al.*, 2009).

Los parápodos son los apéndices que ayudan a la locomoción. Son proyecciones de la pared corporal sostenidas en su interior por acículas, las cuales están formadas por un complejo quitino-proteico. Los parápodos pueden ser birrámeos o unirrámeos, los primeros presentan dos ramas: la dorsal, que es el notópodo y la ventral, el neurópodo (Figura 1). En caso de ser unirrámeos presentan un solo apéndice o rama, el neurópodo. Los parápodos portan setas y/o ganchos, estructuras de la misma naturaleza que las acículas, que permiten la tracción de los poliquetos tanto en el fondo marino como en la columna de agua. Las setas pueden ser simples o, compuestas; su morfología es muy variada y es de importancia taxonómica a nivel de género y especie. Por otra parte, también se pueden encontrar estructuras accesorias asociadas a los parápodos, como

branquias, lamelas o cirros, que también presentan mucha variabilidad en su morfología y tamaño. En algunas familias son de importancia taxonómica a nivel de género y especie como en Spionidae y Poecilochaetidae (Fauchald, 1977; Salazar-Vallejo, 1989; Fauchald & Rouse, 1997; Rouse, 2000; De León-González *et al.*, 2009; Harris *et al.*, 2009).

El pigidio es la región posterior del cuerpo y porta el ano, que puede ser terminal o termino-dorsal. Puede presentar cirros anales y, en algunos sabélidos, también puede presentar ojos (Figura 1). El pigidio representa la zona de crecimiento, a partir de la cual se forman los nuevos segmentos (Fauchald & Rouse, 1997).

Los anélidos poliquetos son en su mayoría marinos, pero también se encuentran especies que habitan ambientes de agua dulce y salobre (Glasby *et al.*, 2009). Las especies marinas pueden ser de hábitos pelágicos, que habitan en la columna de agua, o bénticos, que se encuentran asociados al fondo marino (Glasby *et al.*, 2000). Su distribución batimétrica va desde las zonas intermareales hasta profundidades abisales, incluyendo chimeneas hidrotermales o afloramientos de hidrocarburos. Los factores ambientales físicos y químicos determinan los límites de distribución de los organismos a lo largo de diferentes gradientes como latitud, profundidad, tipo de sedimento, temperatura o salinidad (Vermeij, 1978; Rehitha *et al.*, 2019). La temperatura es un factor clave para la distribución de los invertebrados y, en particular la de los poliquetos, debido a que afecta sus actividades metabólicas, reproductivas y de crecimiento (Hawksworth & Kalin-Arroyo, 1995; Viéitez *et al.*, 2004; Dikaeva & Frolova, 2018). La textura de los sedimentos también es importante, ya que determina las concentraciones tanto de agua intersticial como de oxígeno disuelto. Se ha observado que los sedimentos con una textura heterogénea presentan mayor variedad de hábitats, en comparación con los sedimentos de grano grueso o fino no mezclados (Del-Pilar-Ruso *et al.*, 2009; Rehitha *et al.*, 2019), lo que determina que un mayor número de organismos y especies puedan establecerse. En particular, en el Golfo de México, se ha observado que los parámetros principales que determinan la distribución de los poliquetos son la profundidad y la textura del sedimento (Solís-Weiss *et al.*, 1994; Delgado-Blas, 2001).

Ecológicamente, los poliquetos son uno de los grupos de invertebrados más importantes en los sistemas bénticos, sobre todo en ambientes de fondos blandos. Su importancia está asociada con

su elevada abundancia y diversidad (Çinar *et al.*, 2006; Gerami *et al.*, 2016; Prado-Navarro *et al.*, 2016; Rehitha *et al.*, 2019). Por tanto, los anélidos poliquetos son determinantes en la estructura, la productividad y la dinámica de las comunidades del fondo marino. Lo anterior se debe a que presentan una gama amplia de tipos de alimentación, reproducción y hábitos de vida, lo que les permite participar en distintos procesos ecológicos (Jumars *et al.*, 2015; Rehitha *et al.*, 2019). Por ejemplo, remueven y oxigenan los sedimentos, incorporan, depositan y remineralizan la materia orgánica, así como los nutrientes presentes en los fondos marinos (Snelgrove, 1998; Glasby *et al.*, 2000; Lu, 2005). Además, forman parte de los grupos pioneros en áreas cuyo ambiente ha sido perturbado, por lo que son excelentes indicadores de las condiciones del ambiente marino (Cañete *et al.*, 2000; Çinar *et al.*, 2006; Huong *et al.*, 2017).

En particular, pocos estudios sobre la diversidad béntica, especialmente de los poliquetos, han sido realizados en el oeste del Golfo de México, y la información disponible sobre la distribución de muchas especies está dispersa en registros aislados provenientes fundamentalmente de trabajos taxonómicos (Delgado-Blas, 2000).

## Antecedentes

El primer registro sobre los anélidos poliquetos en México fue realizado por Kinberg (1857), quien registró al anfinómido *Hermodice carunculata* (Pallas, 1776), probablemente en el Puerto de Veracruz (Hernández-Alcántara *et al.*, 2008). Hasta el momento, en territorio mexicano se han registrado poco más de 1,500 especies, de las cuales alrededor de 826 se encuentran en el Golfo de México (Tovar-Hernández *et al.*, 2013; Miranda-Salinas *et al.*, 2016). A pesar de esto, en el oeste del golfo los estudios sobre poliquetos han sido relativamente escasos y la fauna que habita en las costas de Tamaulipas y norte de Veracruz es aún menos conocida. La mayoría de las especies de poliquetos han sido registrados en el norte (Uebelacker & Johnson, 1984) y sur del golfo (Solís-Weiss, 1998; Domínguez-Castanedo *et al.*, 2007; Hernández-Arana & Amenyro-Ángeles, 2011; Solís-Weiss *et al.*, 2014; Domínguez-Castanedo *et al.*, 2015).

A lo largo de la década de 1950 algunos autores como Hartman (1951) o Pettibone (1956) incluyeron registros de poliquetos en las costas de Tamaulipas, pero fueron producto de recolectas aisladas. Posteriormente, los trabajos realizados por Dexter (1976), Salazar-Vallejo (1981), Méndez-Ubach (1983), De León-González (1985), básicamente de la zona intermareal, y los de Miranda-Vázquez (1993), Rodríguez-Villanueva (1993) y Solís-Weiss *et al.* (1994, 1995) en la plataforma continental, aportaron información sobre los poliquetos del oeste del Golfo de México. No obstante, pocos registros de la plataforma continental de Tamaulipas y norte de Veracruz fueron incluidos. Fue hasta que Delgado-Blas (2000) realizó un estudio sobre los poliquetos, específicamente de la zona occidental del Golfo de México, en que se empezó a conocer mejor su distribución en esta región marina. Sin embargo, la mayor parte de esa información se ha restringido en tesis de licenciatura y de posgrado, y muy pocos trabajos han sido publicados en revistas especializadas (Alvarado Cerón, 2009).

En particular, Dexter (1976) estudió la infauna de once playas a lo largo del Golfo de México y el Pacífico mexicano, registrando catorce géneros de poliquetos, de los cuales, *Scolelepis* (Spionidae) y *Paronis* (Paraonidae), fueron recolectados en Tampico y el segundo género también en Veracruz; *Scolelepis agilis* y *Paraonis* sp. fueron las especies dominantes, representando al 62% y 32% de la fauna, respectivamente. Salazar-Vallejo (1981) revisó la colección de anélidos poliquetos de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León, registrando 74

especies para Tamaulipas y Veracruz, de las cuales 13 fueron recolectadas en las playas de Matamoros, Altamira y Tampico, en Tamaulipas, e Isla Lobos y Tuxpan en el norte de Veracruz.

Méndez-Ubach (1983) al estudiar la fauna béntica de 27 playas a lo largo del Golfo de México, registró 10 especies de poliquetos pertenecientes a nueve familias: Protodrilidae, Magelonidae, Spionidae, Goniadidae, Nephtyidae, Phyllodocidae, Sigalionidae, Lumbrineridae y Onuphidae, desde la playa Miramar, Tamaulipas hasta Rabón Grande, Veracruz. La familia Eunicidae fue estudiada en 10 localidades de la zona intermareal del golfo por De León-González (1985), identificando 18 especies, de las cuales solo una especie fue registrada para Tamiahua, Veracruz y dos para Altamira, Tamaulipas (Alvarado-Cerón, 2009).

En la plataforma continental, Rodríguez-Villanueva (1993) estudió a los poliquetos del sur del Golfo de México, analizando 40 estaciones de la plataforma interna e identificando 6,167 ejemplares pertenecientes a 40 familias, 142 géneros y 292 especies. Sin embargo, solo cuatro de estas estaciones se localizaron en el oeste del Golfo de México, registrando 90 especies de poliquetos con baja abundancia. A pesar de ello, 55 especies fueron registradas por primera vez para el occidente del golfo. Miranda-Vázquez (1993) básicamente estudió los poliquetos de la plataforma continental externa del sur del Golfo de México, pero incluyendo una región entre Tampico, Tamaulipas y Nautla, Veracruz; analizó 45 estaciones, recolectando 5,409 individuos. En las 10 localidades situadas en Tamaulipas y norte de Veracruz se identificaron 429 ejemplares de 97 especies y treinta familias, siendo las familias Spionidae, Onuphidae y Maldanidae las más abundantes.

En particular, Solís-Weiss *et al.* (1994) analizaron las poblaciones de poliquetos del Orden Eunicida de la plataforma continental de la porción mexicana del Golfo de México, registrando 27 especies para la zona entre Tampico, Tamaulipas y Nautla, Veracruz. Un año después, Solís-Weiss *et al.* (1995) publicaron un estudio sobre la distribución de la familia Lumbrineridae, entre Tampico, Tamaulipas y Progreso, Yucatán. Se examinaron 144 estaciones de muestreo, pero solo nueve correspondieron a la región occidental del golfo; se identificaron 2,876 ejemplares de lumbrinéridos pertenecientes a 17 especies.

Delgado-Blas (2000), al analizar los poliquetos errantes de la plataforma continental de Tamaulipas, registró 24 especies pertenecientes a 10 familias, de las cuales once fueron nuevos registros para el estado de Tamaulipas. Por otro lado, Carrera-Parra (2001) al realizar una revisión taxonómica de la familia Lumbrineridae para el Gran Caribe, incluyó el registro de seis especies de las costas de Tamaulipas. Delgado-Blas (2001) analizó la distribución espacial y temporal de los poliquetos en la plataforma sur de Tamaulipas y, tres años más tarde, describió dos nuevas especies del género *Paraprionospio* (Spionidae) cuya distribución incluyó las costas de Altamira y Tampico del estado de Tamaulipas, y de la Laguna de Tamiahua, Veracruz (Delgado-Blas, 2004).

El trabajo más reciente sobre los poliquetos del oeste del Golfo de México fue realizado por Alvarado-Cerón (2009) como parte de su tesis profesional. En este trabajo se analizó la distribución geográfica y la composición faunística de los poliquetos de la plataforma continental de Tamaulipas y del norte de Veracruz, lo que le hace el antecedente directo del presente trabajo. En este estudio se identificaron 1,506 ejemplares pertenecientes a 37 familias, 118 géneros y 236 especies, así como un género y 43 especies potencialmente nuevas para la ciencia. Los resultados obtenidos señalan diferencias en la composición, riqueza y densidad de los ambientes someros y arenosos, con los sustratos lodosos localizados a mayor profundidad. Los principales factores ambientales que determinaron las variaciones espaciales de la composición faunística fueron la temperatura, el porcentaje de terrígenos y la salinidad.

## Justificación

En los ambientes bénticos, los poliquetos pueden llegar a representar entre el 36 y 70% del total de organismos, y entre el 25 y 65% de las especies, sobre todo en los fondos blandos (Hernández-Alcántara, 2002; Dorgham *et al.*, 2014; Gerami *et al.*, 2016), y los patrones ecológicos pueden reflejar los del total de la fauna en estos ambientes (Mackie *et al.*, 1997; Rehitha *et al.*, 2019). Sin embargo, en el oeste del Golfo de México los estudios sobre estos invertebrados han sido relativamente escasos y su papel ecológico poco conocido.

Es importante señalar que esta región marina puede verse significativamente afectada por los procesos que ocurren en otras zonas del golfo, debido a la dinámica de sus masas de agua, y los aportes de material desde la porción continental (De la Lanza-Espino, 2001). La extracción de hidrocarburos o potenciales derrames petroleros en otras regiones del golfo, pueden alterar drásticamente este ecosistema y a los organismos que ahí habitan. Por consiguiente, estudiar la fauna béntica de esta región no solo es importante para conocer su composición taxonómica y su estructura comunitaria, sino también para integrar una línea base de las especies presentes que permita el monitoreo sistemático ante el peligro de la llegada de hidrocarburos derramados en otras zonas del golfo.

En este sentido, el presente trabajo estuvo orientado a identificar la fauna de poliquetos que habita en la plataforma continental del oeste del Golfo de México, y analizar sus variaciones espaciales, para ayudar a clarificar el papel que juegan estos invertebrados en este sistema béntico. La selección de los poliquetos pertenecientes a los grupos Amphinomida, Eunicida y Spionida, que incluyó a las familias Amphinomidae, Eunicidae, Onuphidae, Magelonidae, Poecilochaetidae y Spionidae, fue debido a que en conjunto han sido de las familias más abundantes y diversas en otras regiones del golfo, pero también porque estas familias presentan amplias diferencias en sus niveles de movilidad, formas de vida y hábitos alimenticios entre sí. Por ello, el estudio de las variaciones espaciales de la composición, diversidad y distribución de estas familias de poliquetos en particular podría aportar información valiosa para determinar el papel ecológico de los poliquetos en las comunidades del fondo marino y sentar las bases para futuros estudios ecológicos y programas de monitoreo ambiental.

## Hipótesis

La profundidad y el tipo de sedimento son dos de los factores ambientales más importantes para el establecimiento y desarrollo de las comunidades bénticas. Por tanto, se espera que la mayor abundancia y diversidad de poliquetos se presente en la plataforma interna (20-30 m), así como en sedimentos con una mezcla de los tamaños de grano, debido a que los sedimentos con una heterogeneidad textural proporcionan una mayor variedad de hábitats, mientras que el incremento en la profundidad limita la presencia de estos invertebrados.

## Objetivos

### Objetivo general

Analizar las variaciones espaciales de la abundancia y diversidad de los Amphinomida, Eunicida y Spionidae (Annelida: Polychaeta) en la plataforma continental del oeste del Golfo de México, y determinar la influencia de los factores ambientales sobre su distribución, durante la temporada de secas.

### Objetivos particulares

- Caracterizar la estructura ambiental de la plataforma continental del oeste del Golfo de México durante la temporada de secas, de acuerdo con la profundidad, temperatura, salinidad, materia orgánica y tipo de sedimento.
- Identificar a nivel de especie los poliquetos de las familias Amphinomidae, Eunicidae, Onuphidae, Magelonidae, Poecilochaetidae y Spionidae recolectadas en la plataforma continental del oeste del Golfo de México y realizar un inventario faunístico.
- Analizar las variaciones espaciales de la abundancia y diversidad de los poliquetos identificados a lo largo del área de estudio.
- Determinar los agrupamientos faunísticos presentes en esta región marina y analizar la influencia de los factores ambientales sobre su distribución.

## Área de estudio

El Golfo de México se ubica entre los 18° 30' N y los 82° 98' O. Es una cuenca semicerrada que se comunica con el Mar Caribe a través del Canal de Yucatán, y con el océano Atlántico a través del estrecho de Florida (Monreal-Gómez *et al.*, 2004). Abarca un área de alrededor de 1,540,000 km<sup>2</sup>, un volumen de 2.4 millones de km<sup>3</sup> (Davis, 2017); su extensión es de 4,000 km desde la bahía de Florida, EUA hasta cabo de Catoche, Yucatán, México (Briton & Morton, 1989), y su profundidad máxima es de 3,700 m (Davis, 2017). La plataforma continental varía en extensión, su ancho máximo es de 260 km al norte de la Península de Yucatán, mientras el mínimo es de 6 km en Veracruz (Davis, 2017; Lugo-Hubp, 1985).

El área de estudio se ubica al oeste del Golfo de México e incluye la plataforma continental de Tamaulipas y del norte de Veracruz (Figura 2). Limita al norte con la plataforma continental de Texas-Luisiana y la de Campeche-Yucatán al sur (Zavala-Hidalgo *et al.*, 2003). Su litoral tiene 439 km de longitud, desde el Río Bravo hasta el Río Pánuco. Esta área recibe aportes fluviales por parte de numerosos ríos como el Bravo, San Juan, Soto la Marina, Tamesí, Pánuco, San Fernando, Tuxpan, Cazones, Tecolutla y Nautla (Ortiz-Pérez, 2006). Además, incluye dos extensas lagunas costeras: la Laguna Madre y la de Tamiahua. La primera cuenta con la superficie de 200,000 ha y se encuentra al norte de Tamaulipas (Contreras, 1988). La segunda tiene la extensión aproximada de 88,000 ha y se ubica en la zona occidental del golfo, limitada por el Río Pánuco al norte y el Río Tuxpan al sur (Alvarado-Cerón, 2009). La zona de estudio pertenece a la región geomorfológica costera de Tamiahua y parte de la Tuxpan-Nautla de Veracruz, que son similares entre sí, pues cuentan con una planicie costera amplia y una plataforma continental estrecha. Esta región cuenta con yacimientos de hidrocarburos en rocas sedimentarias terciarias (INEGI, 1983; Ortiz-Pérez, 2006; Soto-Esparza & Geissert, 2011). La plataforma del oeste del Golfo de México no presenta irregularidades topográficas y su inclinación es suave, pero aumenta abruptamente en el talud continental, que alcanza profundidades de 1,260 m (Silva & Campos, 1986).

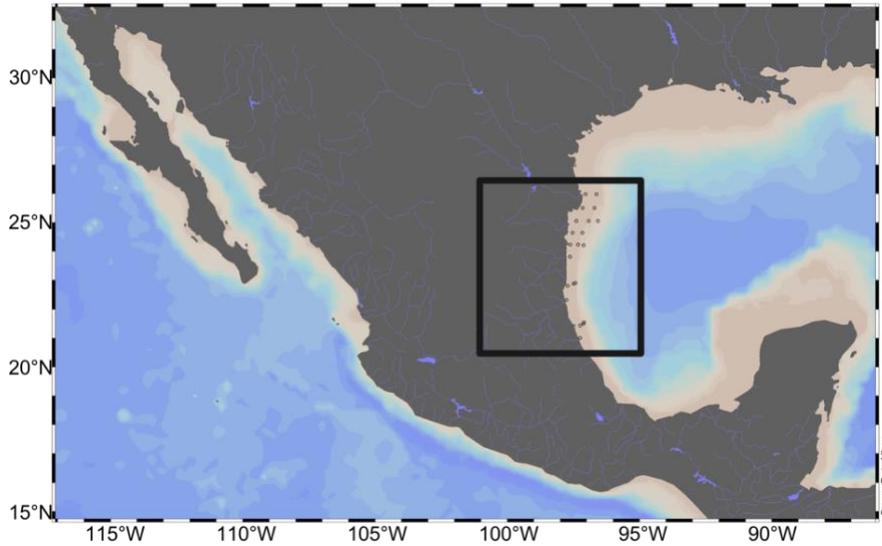


Figura 2. Golfo de México; el recuadro oscuro muestra el área de estudio.

El Golfo de México se extiende a lo largo de múltiples zonas climáticas, tropical, subtropical y templada, debido a que abarca latitudes bajas y medias (Davis, 2017). Esto conlleva variaciones en las condiciones atmosféricas a lo largo del año. En términos generales, el clima se caracteriza por un periodo de secas durante la primavera, uno de lluvias durante verano-otoño y otro de “nortes” durante el invierno, que registra vientos fuertes provenientes del norte (De la Lanza-Espino & Gómez-Rojas, 2004).

En la cuenca del Golfo de México se diferencian distintas masas de agua, Vidal *et al.* (1990) establecieron la existencia de seis masas de agua que ingresan por el estrecho de Yucatán, debido a los giros anticiclónicos desde el Caribe hacia el oeste, y una masa de agua propia del golfo. La capa cálida (0-500 m) está formada por el Agua Común del Golfo de México (ACGM) (36.3 a 36.4 ups, 125-250 m), Agua Subtropical Subsuperficial del Golfo de México (ASSGM) (>36.6 ups, 125-225 m), Agua de 18 °C del Mar de los Sargazos (36.5 ups, 200-280 m) y Agua Central del Atlántico Tropical (ACAT) (35.5 ups, 300-500 m). En la capa fría (500-3650 m) se encuentra el Agua Intermedia Antártica (AIA) (34.3-34.5 ups, 620-900 m), Agua Subtropical Subsuperficial del Caribe (ASSC) (34.93 ups, 1100-1600 m) y la porción superior del Agua Profunda del Noratlántico (APNA) (34.96-34.99 ups, 1600-1900 m).

En particular, el agua oceánica subsuperficial se caracteriza por la presencia del ACGM formada por la colisión de giros anticiclónicos en el talud del noroeste del Golfo de México y la capa de mezcla de 170 m que diluye al ASSGM en invierno (Vidal *et al.*, 1990; De la Lanza-Espino & Gómez-Rojas, 2004). En el área de estudio, debido a su perfil batimétrico, se presenta el ACGM (22.5°C y 36.5 ups), que se mezcla en verano con el ASSGM por los giros anticiclónicos (Vidal *et al.*, 1990; De la Lanza-Espino & Gómez-Rojas, 2004). Por otro lado, el AIA de aguas profundas llega a la plataforma continental durante el invierno (Vidal *et al.*, 1990; De la Lanza-Espino & Gómez-Rojas, 2004).

La circulación en el Golfo de México se caracteriza por dos rasgos dominantes semipermanentes: la presencia del sistema de la corriente del Lazo en el este, y un movimiento anticiclónico a lo largo de la frontera oeste (Nowlin & McLellan, 1967). La corriente de Lazo es intensa, proviene del mar Caribe, penetra al golfo por el estrecho de Yucatán y sale hacia el Atlántico Norte a través del estrecho de Florida (Vidal *et al.*, 1994). Esta corriente tiene una penetración variable a lo largo del año: durante el invierno llega al norte del Golfo de México, mientras que en verano hay desprendimientos de anillos anticiclónicos o calientes que se desplazan hacia el occidente (Maul, 1970; Zavala-Hidalgo *et al.*, 2003). El viento estacional juega un papel relevante en la dinámica de su circulación y la capa de mezcla (De la Lanza-Espino, 1991; Zavala-Hidalgo *et al.*, 2003).

Las características físicas y químicas del agua marina en el Golfo de México varían por temporadas ya que dependen de distintos factores, que también varían en el tiempo y el espacio. La temperatura y la salinidad del Golfo de México varían de manera vertical en función de las masas de agua, la circulación y capa de mezcla de sus aguas, mientras que los aportes de ríos y lagunas localizados en sus costas determinan su variación de manera horizontal (Vidal *et al.*, 1990; De la Lanza-Espino & Gómez-Rojas, 2004).

La circulación en la plataforma continental fluye hacia el norte durante el verano y cambia hacia el sur durante el invierno, por la acción de los vientos estacionales. El periodo de transición se da durante la primavera o la temporada de secas, especialmente en el mes de abril (De la Lanza-Espino, 1991, Zavala-Hidalgo *et al.*, 2003). La temperatura superficial en el área de estudio suele ser mayor a los 29°C durante el verano y otoño, y disminuye 4°C aproximadamente durante

invierno y primavera, por la llegada de los Nortes y la baja influencia de la corriente Lazo (De la Lanza-Espino & Gómez-Rojas, 2004). Las temperaturas superficiales descienden hasta los 12°C en el área frente al Río Bravo y la Laguna Madre, mientras entre Tuxpan y Tampico presentan temperaturas de alrededor de 22°C. La variación de temperatura también está asociada a la descarga de aguas frías de los ríos Bravo, Atchafalaya, Mississippi y, en menor medida, por las descargas del Soto la Marina y Pánuco (Vidal *et al.*, 1994; De la Lanza-Espino & Gómez-Rojas, 2004). (Bouma, 1972) De manera general, la salinidad se distribuye en función de la dirección de los giros que se desprenden de la corriente Lazo, así como por la zona de transición que separa a los giros ciclónicos dirigidos hacia el sur de los anticiclónicos dirigidos hacia el norte (Vidal *et al.*, 1994). Las salinidades mínimas de 31.5 ups se localizan en las costas de Matamoros a Tampico y las máximas de 36.41 ups en las zonas neríticas (De la Lanza-Espino & Gómez-Rojas, 2004).

Las costas de Tamaulipas y Veracruz presentan una plataforma clástica, con predominio de sedimentos terrígenos que se distribuyen ampliamente entre la desembocadura del Río Bravo al Río Pánuco (Bouma, 1972; Silva & Campos, 1986). A grandes rasgos, la textura de los sedimentos cambia gradualmente de granos gruesos y/o arenas en las costas a lodos (limo y arcilla) mar adentro. Esta distribución cambia a lo largo del año debido que las descargas de los ríos Atchafalaya y Mississippi, que se ubican en el norte, varían estacionalmente (Zavala-Hidalgo *et al.*, 2003). Las concentraciones de materia orgánica son mayores desde el río Soto la Marina hacia el noroeste; se incrementa en la plataforma interna y disminuye hacia la plataforma externa. El mayor aporte de materia orgánica es proporcionado por los ríos Pánuco y Soto la Marina, así como por la Laguna Madre (Franco-Piña, 2000).

El ambiente marino-costero de la plataforma continental oeste del Golfo de México ha sufrido transformaciones debido a las actividades antropogénicas. Por tanto, es importante tomar en cuenta los impactos urbanos e industriales, así como las actividades recreativas en el área de estudio para entender sus cambios (Dorgham *et al.*, 2014). En el litoral de Tamaulipas se practican actividades recreativas y acuáticas en las playas, y es el estado líder nacional en pesca deportiva (Gobierno de Tamaulipas, 2017). De manera similar, en el litoral del norte de Veracruz se llevan a cabo actividades de aprovechamiento de recursos costeros y marinos, y sus principales atractivos turísticos son las lagunas costeras. En la Laguna de Tamiahua predomina la pesca y cuenta con

actividades turísticas incipientes; también se llevan a cabo torneos y ferias de pesca en el área costera (Ortiz-Lozano *et al.*, 2010). Por otro lado, en la plataforma continental se localizan complejos de extracción petrolera frente a Tampico, Tamaulipas y Tuxpan, Veracruz, y existe una planta termoeléctrica en la laguna de Tampamachoco, cerca de Tuxpan (Solís-Weiss, 1998; Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2008). Por tanto, esta zona es muy importante para extracción de petróleo, gas natural y generación de electricidad, y en ella se realizan actividades portuarias muy dinámicas de naturaleza comercial y petrolera, sobre todo en Altamira, Tamaulipas y Tuxpan, Veracruz (Ortiz-Lozano *et al.*, 2010; Gobierno de Tamaulipas, 2017).

## Material y método

### Recolección de muestras

Los muestreos fueron realizados en la plataforma continental de Tamaulipas y norte de Veracruz ( $22^{\circ}50'$ - $20^{\circ}50'$  N y  $97^{\circ}0'$ - $96^{\circ}50'$  W) durante la campaña oceanográfica DINAMO VII (abril 1996), a bordo del B/O “Justo Sierra” de la UNAM, como parte del proyecto institucional “Dinámica oceánica y su relación con el deterioro ambiental en la porción sur del Golfo de México” (DINAMO), del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.

Se estableció una red de 21 estaciones con profundidades entre 20.8 y 174.9 m: nueve estaciones en la región sur, básicamente bajo la influencia del Río Pánuco y la Laguna de Tamiahua; doce estaciones en la región norte, bajo la influencia principal de la Laguna Madre y el Río Bravo (Figura 3). Para su posterior análisis, las estaciones fueron ordenadas de acuerdo con su batimetría en plataforma interna (20-50 m), media (51-100 m) o externa (101-175 m).

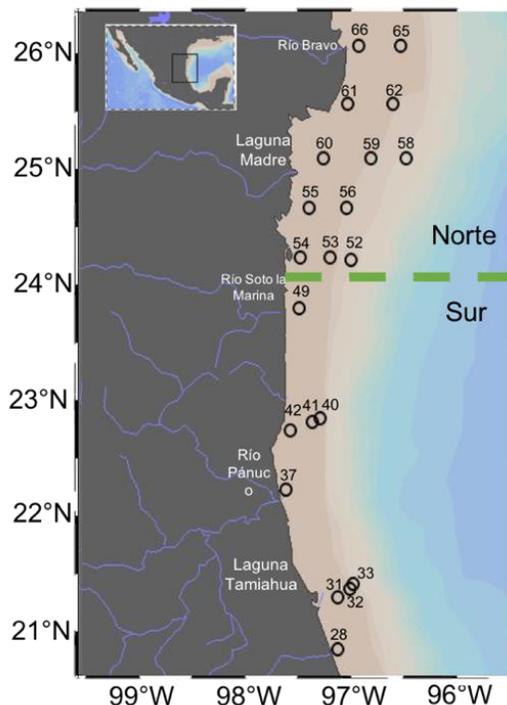


Figura 3. Ubicación de las estaciones de muestreo en la plataforma continental de Tamaulipas y el norte de Veracruz. La línea verde punteada separa a las estaciones de las regiones sur y norte.

La posición geográfica de las estaciones de muestreo se obtuvo por medio del navegador satelital del B/O “Justo Sierra”. En cada estación se midió la temperatura y salinidad por medio de la sonda CTD Niels Brown, y la profundidad con un ecosonda frecuencia/potencia 40 KJz/10 Kw.

El material biológico se recolectó por medio de un nucleador de caja tipo Reineck (0.25 m<sup>2</sup>). Inicialmente el sedimento fue lavado y cernido a través de un tamiz con luz de malla de 0.5 mm con el fin de separar la macrofauna. El material retenido fue fijado con una solución de formol en agua marina al 10%. Posteriormente, en el laboratorio, las muestras fueron lavadas con agua dulce para eliminar el formol, los invertebrados fueron separados inicialmente a grandes grupos y preservados en etanol al 70% con las etiquetas correspondientes.

Adicionalmente, en cada estación, se tomaron muestras de sedimento en bolsas de plástico, para el análisis granulométrico realizado en el Laboratorio de Sedimentología del ICML, UNAM, con el método de Folk (1974), y la evaluación del porcentaje de materia orgánica por medio del método de Jackson (1958).

#### Identificación taxonómica

Los poliquetos fueron identificados inicialmente a nivel taxonómico de familia, siguiendo básicamente la clave taxonómica de Harris *et al.* (2009). Los ejemplares se observaron bajo el microscopio estereoscópico, se manipularon con pinzas de relojero y agujas de disección. Los ejemplares identificados a nivel de familia fueron separados por estación en pequeños tubos de vidrio con etanol a 70% y su respectiva etiqueta.

Los poliquetos pertenecientes a los grupos Amphinomida, Eunicida y Spionida, que incluyeron a las familias Amphinomidae, Eunicidae, Onuphidae, Magelonidae, Poecilochaetidae y Spionidae, fueron separados para su identificación a nivel de especie. Para este fin, se realizó una revisión más detallada de las características morfológicas de cada ejemplar, como la forma y estructuras asociadas al prostomio, el tamaño y forma de las lamelas y cirros, tipo y distribución de las setas, la presencia de branquias, entre otras características propias de cada taxón. La identificación se realizó con el apoyo de literatura especializada que incluyó revisiones recientes de géneros y especies. En caso de ser necesario, por el estado de preservación de los ejemplares o su pequeño

tamaño, se utilizó azul de metileno o verde de metilo para contrastar las estructuras diagnósticas que caracterizan a las especies. Los ejemplares identificados fueron catalogados, etiquetados y depositados en la Colección Nacional de Anélidos Poliquetos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM (DFE.IN.061.0598). Adicionalmente, se realizó un listado faunístico y la cuantificación de las especies identificadas por estación de muestreo.

En el presente trabajo se utilizó la clasificación de Rouse (2000) basada en Fauchald & Rouse (1997), que refleja los diferentes hábitos de vida de estos invertebrados. El análisis sistemático de Rouse (2000) incluyó 84 familias divididas en dos clados: Scolecida y Palpata. El grupo Scolecida está integrado por familias que carecen de palpos, mientras que el grupo Palpata incluye a los poliquetos que presentan palpos. Este último grupo, a su vez, se divide en los Aciculata, que tienen acículas, e incluye a las familias Amphinomidae, Eunicidae y Onuphidae, y en los Canalipalpata, que presentan palpos con canales ciliados, e incluye a las familias Spionidae, Magelonidae y Poecilochaetidae (Spionida).

#### Análisis de datos

Todos los análisis de datos, ambientales y faunísticos, se llevaron a cabo por medio del paquete Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research (PRIMER v.6) y sus subrutinas correspondientes (PCA, nMDS, ANOSIM, SIMPER, BEST y RELATE) (Clarke & Gorley, 2006).

#### Caracterización de la estructura ambiental

El análisis de componentes principales (PCA) (Jolliffe, 2007) fue llevado a cabo con la finalidad de conocer las variables más importantes que definen la estructura ambiental. Dicho análisis generó un patrón gráfico, basado en una matriz normalizada de las variables ambientales, que reflejó las afinidades entre las estaciones (Clarke *et al.*, 2014; Härdle & Simar, 2015). La normalización de los datos permitió trabajar con escalas comparables y adimensionales; así se evitaron sesgos provocados por la diferencia de escalas de los distintos factores ambientales (Clarke *et al.*, 2014). En particular, los porcentajes de arena, limo y arcilla en cada estación son complementarios y redundantes entre sí, por lo que el porcentaje de arena fue utilizado como parámetro sedimentario en los análisis respectivos.

## Análisis de la fauna poliquetológica

Inicialmente, para contribuir al conocimiento sobre la taxonomía de los poliquetos, se incluyó información sobre los problemas registrados durante el proceso de identificación, las diferencias morfológicas entre especies cercanas y la presencia de posibles nuevas especies para la ciencia. Posteriormente, se elaboró una matriz que incluyó datos sobre la abundancia de cada especie por estación, para posteriormente analizar sus variaciones espaciales a lo largo del área de estudio. Los datos de abundancia fueron transformados en densidad (ind./0.1 m<sup>2</sup>) para poder comparar las variaciones entre las estaciones.

La diversidad fue medida por medio del índice de Shannon y la dominancia por medio del índice de Simpson, que han sido ampliamente utilizados al analizar las comunidades marinas del Golfo de México, lo que permitirá comparar los resultados obtenidos en el presente trabajo con los registrados en estudios previos.

El índice de Shannon (H') se basa en la teoría de la información y fue utilizado para conocer la diversidad específica de cada estación (Clarke *et al.*, 2014). Puede ser considerado como la medida de incertidumbre para predecir a qué especie pertenecerá un individuo elegido al azar de una muestra con S especies y n individuos. Se expresa con la siguiente fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^S \left( \frac{n_i}{N} \log_2 \left( \frac{n_i}{N} \right) \right)$$

Donde  $n_i$  el número de individuos de la especie  $i$ ;  $N$  es el total de individuos en la muestra;  $S$  es el número de especies.

Su valor es 0 cuando hay una especie presente, su valor máximo es igual a  $\log_2(S)$  cuando cada una de las especies está representada por el mismo número de individuos (Moreno, 2001).

El índice de dominancia de Simpson ( $\lambda$ ) representa la probabilidad de que seleccionar al azar dos individuos de una muestra y que pertenezcan a una misma especie, representa a las especies con mayor importancia (Moreno, 2001). Este índice se expresa con la siguiente ecuación:

$$\lambda = \sum_{i=1}^S \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Donde  $n_i$  es el número de individuos de la especie  $i$ ;  $N$  es el número total de individuos de la muestra;  $S$  es el número de especies.

Los agrupamientos faunísticos se determinaron por medio de un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS), basado en el índice de similitud de Bray-Curtis. Previamente, la densidad de las especies fue transformada en raíz cuadrada para reducir el efecto de las especies muy abundantes (Clarke *et al.*, 2014). El resultado obtenido fue una representación gráfica y la precisión del resultado puede ser determinada por medio del nivel de estrés: un valor menor a 0.05 reflejaría una excelente representación, un estrés mayor a 0.1 sería una buena representación, mientras que un valor mayor a 0.2 indicaría una baja confiabilidad; un valor mayor a 0.3 indicaría que el arreglo obtenido podría ser resultado del azar (Clarke *et al.*, 2014).

La presencia de agrupamientos faunísticos fue corroborada por medio de un análisis de similitud (ANOSIM) basado en el índice de similitud de Bray-Curtis, bajo la hipótesis nula ( $H_0$ ) de que no existen grupos faunísticos en la plataforma continental del oeste del Golfo de México. Además, por medio de un análisis SIMPER se determinaron las especies que definieron a cada uno de los grupos faunísticos, de acuerdo con sus valores de densidad y frecuencia de ocurrencia en las estaciones que integraron cada grupo (Clarke *et al.*, 2014).

### Relaciones fauna-ambiente

La relación entre la estructura ambiental y los patrones de distribución de la fauna poliquetológica se obtuvo por un análisis RELATE. Este análisis comparó las matrices de similitud de las estaciones, de acuerdo con sus condiciones ambientales normalizadas, con las correspondientes a la densidad de la fauna. Se compararon los grupos faunísticos según los niveles batimétricos registrados, bajo la hipótesis nula ( $H_0$ ) de que no había relación entre la matriz de la estructura ambiental y la matriz de la fauna (Clarke *et al.*, 2014). Para conocer las variables ambientales que influenciaban en mayor medida los patrones de distribución de la fauna se llevó a cabo un análisis BEST (Bio-Env), que evaluó el nivel de correlación (Rho:  $\rho$ ) entre la densidad de las especies y las variables ambientales que fueron registradas durante el muestreo (Clarke *et al.*, 2014).

## Resultados

### Caracterización de la estructura ambiental

En términos generales, la profundidad mostró poca variabilidad dentro de cada nivel batimétrico: plataforma interna ( $\bar{x}=24.025$  m; DS=1.15 m), media ( $\bar{x}=73.48$  m; DS=2.14 m) y externa ( $\bar{x}=163.92$  m; DS= 0.06 m) (Figura 4a). En promedio, la profundidad de las estaciones situadas en la región sur fue ligeramente menor ( $\bar{x}= 66.16$  m) que las estaciones del norte ( $\bar{x}= 67.9$  m); la variabilidad batimétrica fue ligeramente mayor en el sur (DS<sub>sur</sub>=58.47 m, DS<sub>norte</sub>=51.71 m) (Figura 4a).

Los cambios de temperatura reflejaron una relación directa con los niveles de profundidad (Figuras 4b y 5). Con excepción de la estación 66, en las vecindades del Río Bravo, las estaciones de la plataforma interna registraron las mayores temperaturas ( $\bar{x}=21.84^{\circ}\text{C}$ ; DS=1.15 $^{\circ}\text{C}$ ); conforme aumentó la profundidad en la plataforma media y externa, la temperatura disminuyó ( $\bar{x}_{\text{media}}=20.14^{\circ}\text{C}$ , DS= 0.91 $^{\circ}\text{C}$ ;  $\bar{x}_{\text{externa}}=15.45^{\circ}\text{C}$ , DS= 0.46 $^{\circ}\text{C}$ ) (Figuras 4b, 5). Desde el punto de vista regional, la temperatura fue ligeramente menor hacia el norte. Sin embargo, la región sur presentó una mayor variación térmica ( $\bar{x}=20.5^{\circ}\text{C}$ ; DS=3.04 $^{\circ}\text{C}$ ) que el norte ( $\bar{x}=19.7^{\circ}\text{C}$ ; DS=2.28 $^{\circ}\text{C}$ ) (Figuras 4b y 5).

La salinidad presentó pocos cambios a lo largo de la plataforma continental y también poca variabilidad entre los niveles batimétricos, sobre todo en la región sur (Figura 4c). En términos generales, sus valores fueron mayores en profundidades medias: plataforma interna ( $\bar{x}= 35.09$  ups; DS=1.07 ups), plataforma media ( $\bar{x}=36.05$  ups; DS= 0.19 ups), plataforma la externa ( $\bar{x}=35.85$  ups; DS=0.06 ups) (Figuras 4c y 5). Regionalmente, las aguas en la región sur registraron mayor salinidad y menor variabilidad ( $\bar{x}=36.08$  ups; DS=0.13 ups) que en el norte ( $\bar{x}=35.16$  ups; SD=0.97 ups) (Figuras 4c y 5).

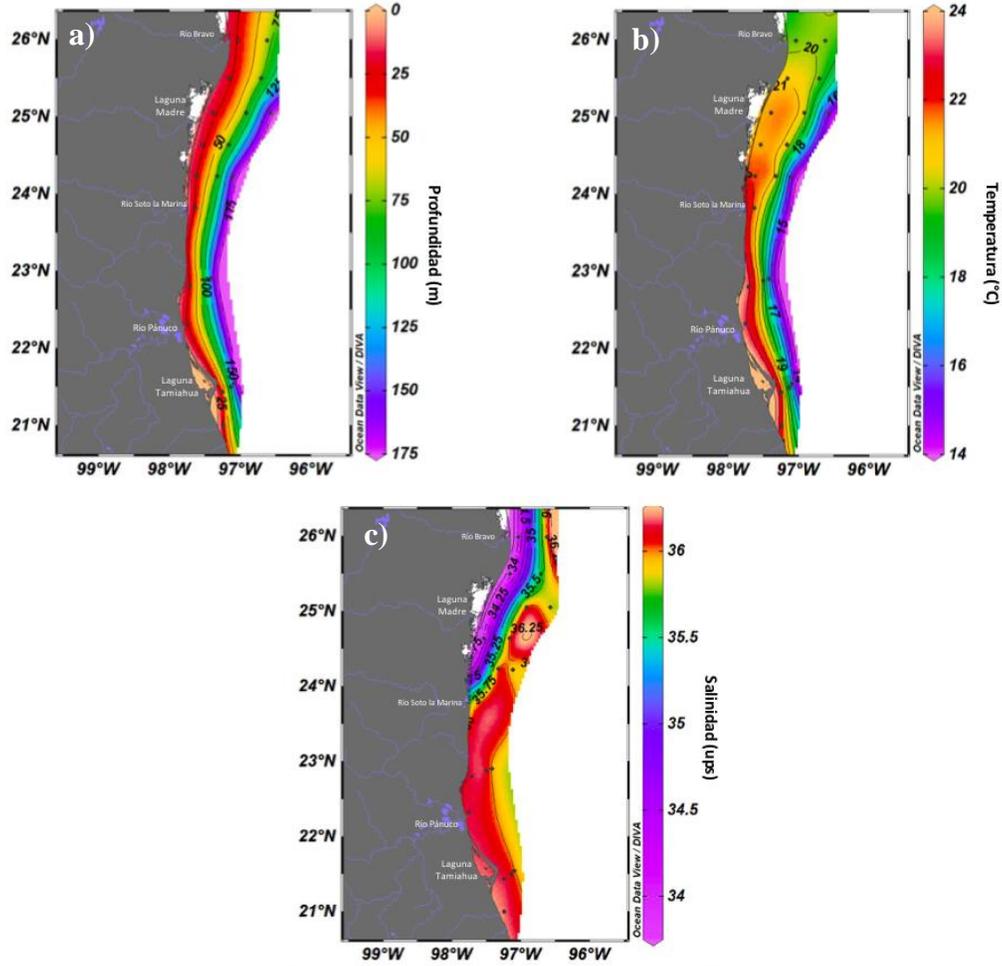


Figura 4. Variación espacial de: a) la profundidad, b) temperatura y c) salinidad en el área de estudio durante la campaña DINAMO VII.

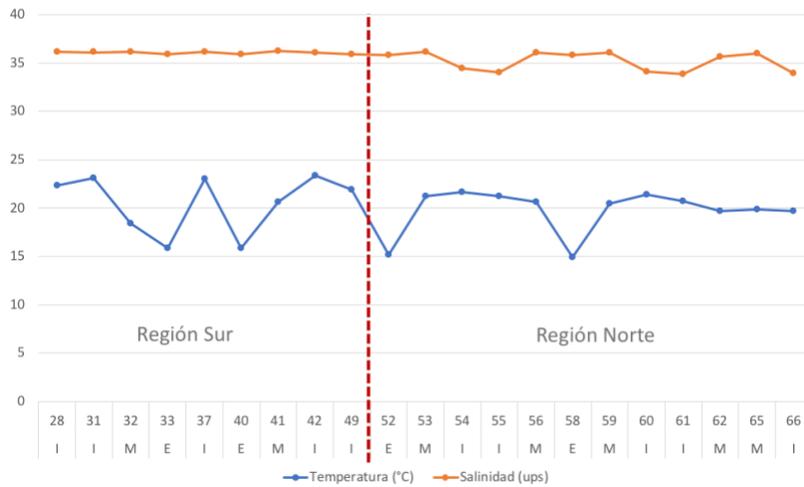


Figura 5. Variación espacial de la temperatura (°C) y salinidad (ups) durante la campaña DINAMO VII. La línea punteada roja separa las regiones sur y norte; los niveles batimétricos están representados por: I = plataforma interna, M= plataforma media, E= plataforma externa.

En la plataforma continental del oeste del golfo, los lodos (limo + arcilla) fueron el sustrato dominante al representar, en promedio, el 89.74% en cada estación (Figura 6). Particularmente, el porcentaje de limo fue mayor en la plataforma interna ( $\bar{x}=72.58\%$ ; DS=9.7%) y externa ( $\bar{x}=73.11\%$ ; DS=25.58%), aunque en las estaciones someras la variabilidad de este tamaño de grano fue claramente menor. En la plataforma media ( $\bar{x}=61.4\%$ ; DS=14.97%) los limos estuvieron menos representados (Figura 6a). En particular los porcentajes de arcilla se incrementaron en las estaciones más profundas (plataforma externa:  $\bar{x}=26.88\%$ ; DS=25.58%), mientras que en la plataforma interna ( $\bar{x}=8.62\%$ ; DS=14.12%) y media ( $\bar{x}=10.74\%$ ; DS=12.56%) disminuyó su presencia (Figura 6b). En términos generales, los lodos tendieron a aumentar hacia el norte ( $\bar{x}_{sur}=87.69\%$  y  $\bar{x}_{norte}=91.29\%$ ), sin embargo, en la parte central del área de estudio, se registró una mayor concentración de lodos, en especial en las estaciones situadas en las vecindades del río Soto la Marina (estaciones 49 y 52), donde representaron al 100% de los sedimentos (Figuras 6a y 6b). Por su parte, las arenas presentaron los valores más bajos ( $\bar{x}=10.24\%$ ). Se distribuyeron preferentemente en las estaciones de la plataforma interna ( $\bar{x}=18.78\%$ ; DS=8.72%), y en general, fueron escasas en la plataforma media ( $\bar{x}=3.90\%$ ; DS=10.32%), e incluso ausentes en la externa ( $\bar{x}=0\%$ ; DS=0%) (Figura 6c). Las estaciones del sur registraron, en promedio, 12.30% de arena por estación (DS= 12.75%), disminuyendo su presencia ligeramente hacia el norte ( $\bar{x}=8.70\%$ ; DS=11.23%) (Figura 6c).

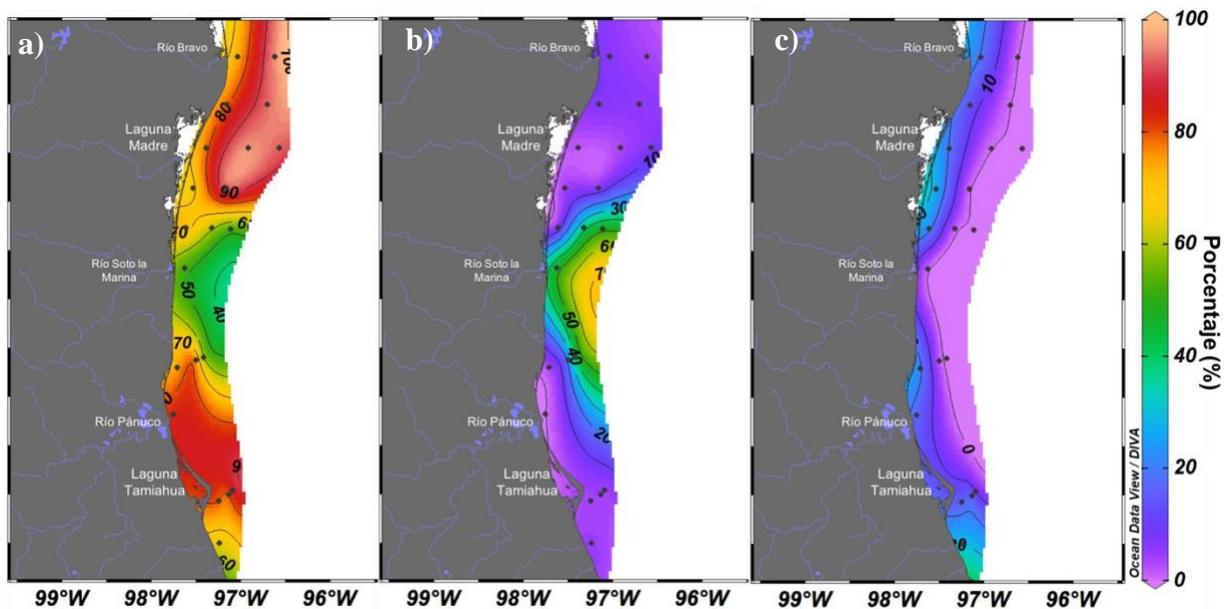


Figura 6. Variación espacial de los porcentajes de: a) limo, b) arcilla y c) arena en el área de estudio durante la campaña DINAMO VII.

La variación espacial del contenido de materia orgánica mostró una relación directa con el nivel batimétrico y con la ubicación regional de las estaciones. Con excepción de la estación 49 ubicada al sur del río Soto la Marina, el porcentaje de carbono fue menor en la plataforma interna ( $\bar{x}=1.94\%$ ,  $DS=2.02$ ), mientras que a mayores profundidades (plataforma media y externa) sus valores claramente se incrementaron ( $\bar{x}_{\text{media}}=8.77\%$ ,  $DS=7.58$ ;  $\bar{x}_{\text{externa}}=10.21\%$ ,  $DS=6.6\%$ ). Regionalmente, en las estaciones con mayor profundidad se detectaron dos tendencias principales: primero, en la zona norte ( $\bar{x}=7.43\%$ ,  $DS=7.8\%$ ) el contenido de materia orgánica fue claramente mayor que en el sur ( $\bar{x}=3.62\%$ ,  $DS=2.66\%$ ); y segundo, latitudinalmente, las variaciones en el porcentaje de carbono mostraron una tendencia parabólica, con un incremento evidente en la región central (vecindades del río Soto la Marina y sur de la Laguna Madre), sobre todo en las estaciones 52 y 53; hacia el norte y sur del área de estudio el contenido de materia orgánica disminuyó gradualmente (Figura 7).

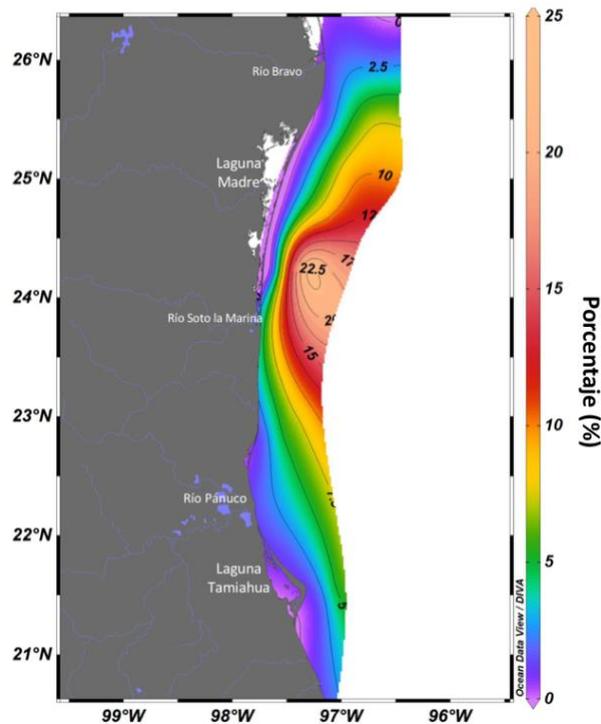


Figura 7. Variación espacial de porcentaje de materia orgánica en el área de estudio durante la campaña DINAMO VII.

El PCA explicó el 82.3% de la variación ambiental observada en la plataforma continental del oeste del Golfo de México (Figura 8). El primer componente explicó 63.1% de dicha variación, asociado principalmente con la profundidad (-0.521) y el porcentaje de arena (0.473). El segundo componente solo explicó el 19.2% de la variabilidad, determinada en mayor parte por la salinidad (0.652) y la temperatura (0.611).

Al incluir las estaciones en el diagrama de ordenación, estas se separaron claramente en tres grupos principales, asociados directamente con los niveles batimétricos (Figura 8). Esto reflejó que la profundidad fue un componente relevante en la estructura ambiental del área de estudio. Asimismo, reflejó las diferencias ambientales entre la plataforma interna, media y externa, mostrando que las estaciones de la plataforma interna registraron la mayor variabilidad ambiental. Por el contrario, las estaciones situadas en la plataforma externa presentaron poca variabilidad (Figura 8).

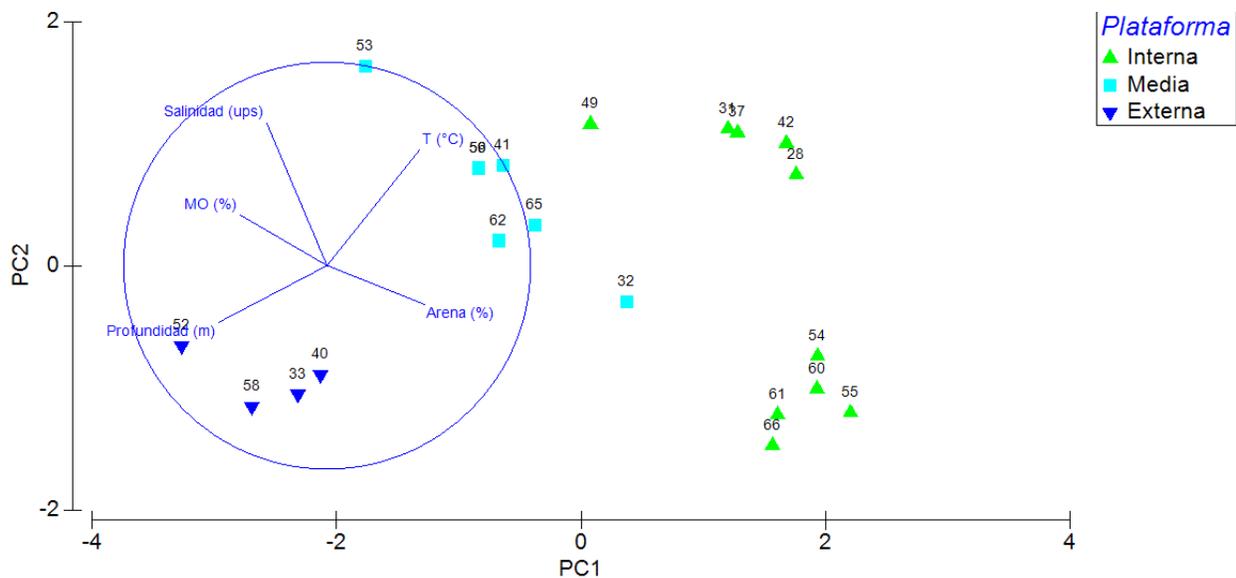


Figura 8. Diagrama de ordenación del PCA de acuerdo con las variables ambientales evaluadas. Las estaciones están etiquetadas de acuerdo con su posición en la plataforma continental.

La estructura ambiental no registró un patrón espacial claro de acuerdo con la distribución regional de las estaciones. No obstante, en la plataforma interna, las estaciones situadas al norte (54, 55, 60, 61, 66) y al sur (28, 31, 37, 42, 49) del río Soto la Marina se concentraron en dos grupos claramente distintos. Esto indicó que a menores profundidades las condiciones ambientales cambiaron

regionalmente. Por el contrario, en la plataforma media y externa no se observaron cambios latitudinales evidentes en la estructura abiótica (Figura 9).

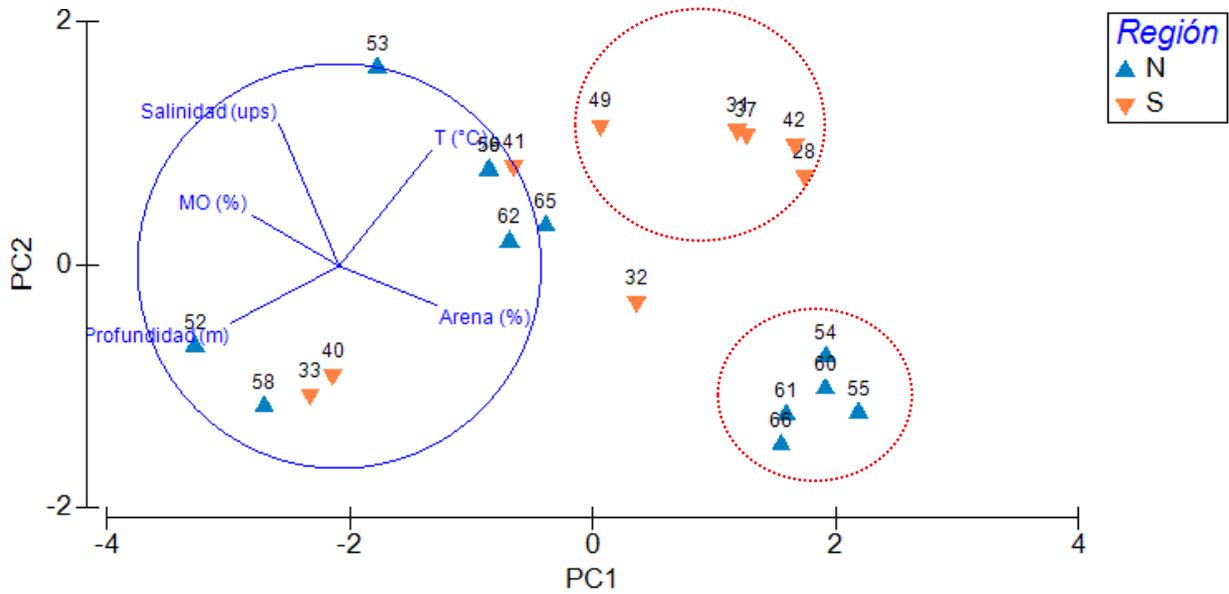


Figura 9. Diagrama de ordenación del PCA sobre las variables ambientales evaluadas en las estaciones de muestreo según la región geográfica en la que se ubican. Los círculos punteados de color rojo señalan la separación de las estaciones de plataforma interna por región.

## Composición taxonómica

En el presente estudio se recolectaron e identificaron 605 ejemplares de poliquetos pertenecientes a seis familias, 19 géneros y 57 especies (ver Listado faunístico), de las cuales, nueve especies pertenecientes a cuatro familias son potencialmente nuevas para la ciencia.

Listado faunístico de poliquetos Amphinomida, Eunicida y Spionida en la plataforma continental del oeste del Golfo de México (clasificación de Rouse, 2000)

### **Annelida Lamarck, 1802**

#### **Clado Palpata**

##### **Aciculata**

##### **Amphinomida**

###### **Familia Amphinomidae Savigny *in* Lamarck, 1818**

*Linopherus* sp.

*Linopherus canariensis* Langerhans, 1881

*Linopherus kristiani* Salazar-Vallejo, 1987

*Notopygos* sp.

##### **Eunicida**

###### **Familia Eunicidae Berthold, 1827**

*Euniphysa quadridentata* Lu & Fachald, 2000

*Marphysa brevitentaculata* Treadwell, 1921

*Marphysa aransensis* Treadwell, 1939

*Marphysa* sp.

*Paucibranchia oculata* (Treadwell, 1921)

###### **Familia Onuphidae Kinberg, 1865**

*Diopatra cuprea* (Bosc, 1802)

*Diopatra neotridens* Hartman, 1944

*Diopatra tridentata* Hartman, 1944

*Kinbergonuphis* sp. 1

*Kinbergonuphis* sp. 2  
*Kinbergonuphis cedroensis* (Fauchald, 1968)  
*Kinbergonuphis oligobranchiata* (Orensanz, 1974)  
*Kinbergonuphis simoni* (Santos, Day & Rice, 1981)  
*Kinbergonuphis virgata* (Fauchald, 1980)  
*Mooreonuphis nebulosa* (Moore, 1911)  
*Mooreonuphis pallidula* (Hartman, 1965)  
*Paradiopatra harmanae* (Kirkegaard, 1980)

## **Canalipalpata**

### **Spionida**

#### **Familia Magelonidae Cunningham & Ramage, 1888**

*Magelona* sp. 1  
*Magelona* sp. F Uebelacker & Jones, 1984  
*Magelona* sp. G Uebelacker & Jones, 1984  
*Magelona* sp. I Uebelacker & Jones, 1984  
*Magelona* sp. L Uebelacker & Jones, 1984  
*Magelona spinifera* (Hernández-Alcántara & Solís-Weiss, 2000)  
*Magelona uebelackerae* (Hernández-Alcántara & Solís-Weiss, 2000)

#### **Familia Poecilochaetidae Hannerz, 1956**

*Poecilochaetus bermudensis* Hartman, 1965  
*Poecilochaetus johnsoni* Hartman, 1939  
*Poecilochaetus modestus* Rullier, 1965

#### **Familia Spionidae Grube, 1850**

*Laonice cirrata* (Sars, 1851)  
*Laonice* sp. 1  
*Malacoceros vanderhorsti* (Augener, 1927)  
*Microspio pigmentata* (Reish, 1959)  
*Minuspio cirrifera?* Wirén, 1885

*Minuspio delta* Hartman, 1965  
*Minuspio lighti* Maciolek, 1985  
*Minuspio multibranchiata* Berkeley, 1927  
*Minuspio perkinsi* Maciolek, 1985  
*Minuspio* sp. 1  
*Minuspio* sp. 2  
*Minuspio* sp. 3  
*Minuspio* sp. 4  
*Minuspio wireni* (Maciolek, 1985)  
*Paraprionospio treadwelli* (Hartman, 1951)  
*Paraprionospio yokoyamai* Delgado-Blas, 2004  
*Prionospio* sp. 1  
*Prionospio* sp. 2  
*Prionospio* sp. 3  
*Prionospio steenstrupi* Malmgren, 1867  
*Scolecopsis (Parascolecopsis) texana* Foster, 1971  
*Spiophanes bombyx* (Claparède, 1870)  
*Spiophanes duplex* (Chamberlin, 1919)  
*Spiophanes kroeyeri* Grube, 1860  
*Spiophanes* sp.  
*Spiophanes wigleyi* Pettibone, 1962

### Problemas taxonómicos

Durante la identificación taxonómica se presentaron algunos problemas, que en ciertas ocasiones no permitieron llegar hasta el nivel de especie. A continuación, se describieron las principales dificultades que se enfrentaron durante este proceso.

- Cuatro ejemplares pertenecientes a la familia Onuphidae sólo pudieron identificarse a nivel de familia, ya que los ejemplares recolectados son estadios juveniles y varias de las estructuras morfológicas diagnósticas, como los tipos de setas, los ganchos subaculares, las branquias, entre

otras, no se han desarrollado completamente. El estudio de los estadios larvarios y juveniles en los poliquetos aún es incipiente y las claves taxonómicas han sido generadas para ejemplares adultos.

- El mal estado de algunos ejemplares, debido básicamente a los procesos de recolección y tratamiento de muestras, originó que estuvieran maltratados, desgarrados o incompletos, lo que dificultó su identificación a nivel de especie. Cuando los organismos presentaron estos problemas, se realizó la observación del mayor número de caracteres posibles, para poder asignarlos a alguna especie. Por ejemplo, durante la identificación de la familia Onuphidae, tres ejemplares presentaron solo el prostomio y algunos segmentos anteriores, por lo que no fue posible observar la presencia de las setas pectinadas y sus características asociadas, que aparecen inicialmente en setíferos medios. Sin embargo, los caracteres diagnósticos restantes concordaron con los presentados por la especie *Diopatra cuprea* (Bosc, 1802), por lo que fueron asignados a este taxón.

- Durante el proceso de recolección y fijación del material biológico, algunos espiónidos del género *Prionospio* perdieron la mayoría de sus branquias, lo que dificultó su asignación a alguna especie en particular. Para la identificación de este género es necesario conocer la morfología de cada par de branquias, por lo que algunos ejemplares solo pudieron ser descritos a nivel de género. A pesar de esto, ciertas especies presentan características peculiares, como *Minuspio perkinsi* Maciolek, 1985, que ha sido registrada para el norte del Golfo de México, y se caracteriza por presentar protuberancias en la zona marginal del prostomio (*peaks*). Esta característica permitió asignar los ejemplares a esta especie, a pesar de que no presentaran todos los pares de branquias sin pínulas (10). A pesar de esto, tres ejemplares tuvieron que ser clasificados como *Prionospio perkinsi*? Maciolek, 1985, debido a que no se distinguen claramente las características morfológicas del prostomio.

Por otra parte, varios ejemplares no pudieron asignarse a alguna especie en particular, debido a que su mal estado o la variabilidad de sus características morfológicas diagnosticas no permitieron dilucidar si son parte de la variabilidad intraespecífica propia de las especies formalmente descritas, o si pertenecen a una posible nueva especie. Estas fueron:

### **Familia Amphinomidae Savigny in Lamarck, 1818**

#### *Linopherus* sp.

Material examinado: Tres ejemplares, Est. 31 (3 ind.).

Características diagnósticas distintivas: Dos pares de ojos, cirros y antenas articuladas, cirros notopodiales y neuropodiales largos en setígeros 1 y 2. Con 17 pares de branquias a partir del setígero 3.

Observaciones: Estos ejemplares son similares a *Linopherus annulata* (Hartmann-Schröder, 1965), sin embargo, al tener rota la carúncula no se pudieron corroborar sus características diagnósticas. También se parecen a *L. hirsuta* (Wesenberg-Lund, 1949), pero esta especie presenta solo un par de ojos. *Linopherus spiralis* (Wesenberg-Lund, 1949) posee características similares a los ejemplares recolectados, pero presenta más de 20 pares de branquias y su localidad tipo es el Golfo de Irán, aunque también ha sido registrada en Panamá.

### **Familia Eunicidae Berthold, 1827**

#### *Marphysa* sp.

Material examinado: Un ejemplar, Est. 33 (1 ind.).

Características diagnósticas distintivas: Con cinco antenas en el prostomio, sin cirros peristomiales, ni ojos. Branquias desde el setígero 12. Con espinígeros compuestos, ganchos subaciculares unidentados y de color amarillo.

Observaciones: *Marphysa* sp. es cercano a *M. aransensis* Treadwell, 1939. Sin embargo, esta última especie cuenta con branquias que tienen al menos 16 filamentos y empiezan entre los setígeros 19-28, mientras en *Marphysa* sp. las branquias inician en el setígero 12.

### **Familia Spionidae Grube, 1850**

#### *Minuspio* sp. 1

Material examinado: Un ejemplar, Est. 42 (1 ind.).

Características diagnósticas distintivas: Prostomio ligeramente bilobulado. Con 19 pares de branquias a partir del setígero 2, fusionadas a las lamelas neuropodiales, sin pínulas. Con manchas

oscuras entre los notópodos y en la región ventral anterior. En los 23 setígeros que presenta este ejemplar fragmentado no se observaron ganchos neuropodiales.

Observaciones: La presencia de 19 pares branquiales en *Minuspio* sp. 1 no corresponde con ninguna de las especies descritas hasta el momento para este género, donde 12 es el número máximo de pares de branquias observado.

#### *Minuspio* sp. 2

Material examinado: Un ejemplar, Est. 61 (1 ind.).

Características diagnósticas distintivas: Prostomio redondeado, sin protuberancias en el margen anterior. Sin setas sable. Con seis pares de branquias, definidos por la presencia de cicatrices, solo se observó una branquia larga y cirriforme en el setígero 7.

Observaciones: *Minuspio* sp. 2 es similar a *M. wireni* (Maciolek, 1985). Sin embargo, *M. wireni* (Maciolek, 1985) presenta protuberancias prostomiales y setas tipo sable, mientras ambos atributos están ausentes en *Minuspio* sp. 2.

#### *Minuspio* sp. 3

Material examinado: Un ejemplar, Est. 37 (1 ind.).

Características diagnósticas distintivas: Prostomio con protuberancias o “*peaks*” en la porción anterior. Con más de 11 pares de branquias, cortas y sin pínulas. Con crestas dorsales en los setígeros 11-13.

Observaciones: *Minuspio* sp. 3 es similar a *Minuspio pulchra* Imajima, 1990. No obstante, *Minuspio pulchra* Imajima, 1990 presenta branquias largas, mientras *Minuspio* sp. 3 cuenta con branquias cortas.

#### *Minuspio* sp. 4

Material examinado: Un ejemplar, Est. 31 (1 ind.).

Características diagnósticas distintivas: Presenta 5 protuberancias o “*peaks*” en el margen anterior del prostomio. Con 12 pares de branquias, cortas y sin pínulas. Con setas aciculares largas. Sin crestas dorsales. Setas sable ausentes.

Observaciones: *Minuspio* sp. 4 fue similar a *M. wireni* (Maciolek, 1985). Sin embargo, *M. wireni* (Maciolek, 1985) sí presenta setas tipo sable, mientras *Minuspio* sp. 4 no.

*Prionospio* sp. 1

Material examinado: Dos ejemplares, Est. 49 (1 ind.); Est. 58 (1 ind.).

Características diagnósticas distintivas: Branquias cortas, el primer par roto, pares 2 a 4 sin pínulas. Con setas tipo sable; sin bolsas interparapodiales.

Observaciones: *Prionospio* sp. 1 podría corresponder a la especie *P. ehlersi* Fauvel, 1928, registrada en el océano Pacífico. Sin embargo, no se pudo determinar el tipo de branquias presentes en el primer setígero, lo cual es fundamental para asignarlo a la especie. No obstante, la descripción original menciona que el cuarto par de branquias es largo y presenta bolsas interparapodiales, contrario a lo que fue observado en el ejemplar *Prionospio* sp. 1.

*Prionospio* sp. 2

Material examinado: Tres ejemplares, Est. 42 (1 ind.); Est. 66 (2 ind.).

Características diagnósticas distintivas: Prostomio con dos pares de ojos, los superiores de mayor tamaño que los inferiores. Con cuatro pares de branquias cortas, desde el setígero 2: los pares 2 y 3 sin pínulas y el par 4 con pínulas. Con lamelas notopodiales bien desarrolladas en la zona branquial, su tamaño disminuye hacia la región posterior del cuerpo. Con setas tipo sable.

Observaciones: los ejemplares de *Prionospio* sp. 2 son cercanos a *P. steenstrupi* Malmgren, 1867. Ambas especies difieren ya que *Prionospio* sp. 2 carece de las crestas dorsales en el setígero siete que caracterizan a la especie *P. steenstrupi* Malmgren, 1867. Los ejemplares de *Prionospio* sp. 2 también son cercanos a *P. dubia* Day, 1961 ya que ambos presentan setas tipo sable, pero *Prionospio* sp. 2 tiene ojos de un gran tamaño, mientras que *P. dubia* Day, 1961, a pesar de la amplia variabilidad que presenta este rasgo, nunca presenta ojos tan grandes.

*Prionospio* sp. 3

Material examinado: Once ejemplares, Est. 37 (1 ind.); Est. 42 (1 ind.); Est. 61 (1 ind.); Est. 65 (1 ind.); Est. 66 (7 ind.).

Características diagnósticas distintivas: Prostomio angosto y redondeado, con carúncula; dos pares de ojos, el par superior siempre de mayor tamaño que el par inferior. Con una proyección del peristomio hacia el setígero 1 formando alas medias. Con cuatro pares de branquias: pares 2 y 3 sin pínulas, pares 1 y 4 con pínulas; el primer par es de mayor tamaño que el resto. Lamelas ausentes o poco desarrolladas en el setígero 1; lamelas notopodiales triangulares bien desarrolladas en setígeros 2-5 y redondeadas en setígeros posteriores. Con setas sable.

Observaciones: Los ejemplares de *Prionospio* sp. 3 son cercanos a *Prionospio dubia* Day, 1961, sin embargo, la presencia de *Prionospio dubia* Day, 1961 en el Golfo de México no ha sido confirmada y los registros previos de esta especie en el Gran Caribe son en realidad *P. jonatani* según Delgado-Blas (2015). *P. dubia* Day, 1961 además, difiere de los ejemplares recolectados debido a que *Prionospio* sp. 3 presenta lamelas de menor tamaño en la zona branquial. *P. jonatani* Delgado-Blas, 2015 carece de ojos y tiene lamelas redondeadas bien desarrolladas en el setígero 1, por lo que también difiere de los ejemplares de *Prionospio* sp. 3 ya que presentan ojos y lamelas poco desarrolladas en el setígero 1.

*Spiophanes* sp.

Material examinado: Un ejemplar, Est. 37 (1 ind.).

Características diagnósticas distintivas: Prostomio con cuernos, con órganos nucleares separados y largos hasta el setígero 15.

Observaciones: El ejemplar similar a *Spiophanes kroeyeri* Grube, 1860. Ambas especies se diferencian por la longitud de sus órganos nucleares, ya que *Spiophanes* sp. tiene órganos nucleares largos, mientras *Spiophanes kroeyeri* Grube, 1860 presenta órganos nucleares cortos.

### Especies potencialmente nuevas para la ciencia

Veintiocho ejemplares pertenecientes a nueve especies de cuatro familias, en buen estado de preservación y con características diagnósticas claramente diferentes de las observadas en las especies cercanas formalmente descritas fueron detectados, los cuales, en este caso, se catalogaron como potencialmente pertenecientes a especies nuevas para la ciencia:

### **Familia Amphinomidae Savigny in Lamarck, 1818**

*Notopygos* sp.

Material examinado: Dos ejemplares, Est. 65 (2 ind.).

Características diagnósticas distintivas: Prostomio con dos pares de ojos, carúncula corta, hasta el cuarto setígero, de forma elíptica, con tres rebordes longitudinales. Cinco pares de branquias a partir del setígero 4.

Observaciones: Los ejemplares recolectados en el Golfo de México son parecidos a *Notopygos ornata* Grube, 1856. Sin embargo, no se observó el patrón de coloración característico de esta

especie, además de que esta especie solo ha sido descrita para el Pacífico Este, incluyendo el Pacífico mexicano.

### **Familia Onuphidae Kinberg, 1865**

#### *Kinbergonuphis* sp. 1

Material examinado: Dos ejemplares, Est. 42 (2 ind.).

Características diagnósticas distintivas: Prostomio con cinco antenas occipitales. Con dos cirros peristomiales. Se observaron manchas oscuras en las antenas y en la porción lateral del cuerpo. Ganchos pseudocompuestos tridentados, con la cubierta truncada, en los primeros 9 setígeros; con ganchos gruesos simples entre los setígeros 6 y 9. Cirros ventrales digitiformes en los primeros diez setígeros.

Observaciones: Los ejemplares recolectados en este estudio son cercanos a *K. cedroensis* (Fauchald, 1968), pero esta especie solo posee ganchos pseudocompuestos tridentados en los primeros tres setígeros y los cirros ventrales digitiformes están presentes en cuatro o hasta seis setígeros. También difirieron de *K. simoni* (Santos, Day & Rice, 1981), que también presenta manchas laterales, sin embargo, los ganchos pseudocompuestos tridentados están presentes hasta el setígero 5, y los cirros ventrales en los primeros 8 setígeros; ganchos simples largos presentes en los setígeros 4 ó 5.

#### *Kinbergonuphis* sp. 2

Material examinado: Dos ejemplares, Est. 65 (1 ind.); Est. 66 (1 ind.).

Características diagnósticas distintivas: Prostomio con un par de ojos en la base de los palpos. Con cirros ventrales en los setígeros 1-4; ganchos pseudocompuestos tridentados en los primeros 4 setígeros y un gancho grande simple en el setígero 3. Ganchos subaciculares bidentados a partir del setígero 10. Branquias inician en el setígero 15.

Observaciones: Los organismos analizados en este trabajo son similares a *K. gorgonensis* (Monro, 1933) distribuido en Panamá, pero a diferencia de los ejemplares observados, esta especie presenta cirros ventrales en los primeros 6 setígeros y los ganchos subaciculares bidentados inician en el setígero 18.

## **Familia Magelonidae Cunningham & Ramage, 1888**

### *Magelona* sp. 1

Material examinado: Dos ejemplares, Est. 41 (1 ind.); Est. 58 (1 ind.).

Características diagnósticas distintivas: Prostomio rodeado por una membrana. Un individuo presentó cuernos rudimentarios, mientras el otro ejemplar carecía por completo de ellos. Ambos ejemplares presentaron ganchos tridentados.

Observaciones: La única especie descrita con una membrana en el prostomio, como la observada en los ejemplares del Golfo de México es *Magelona capax* Hartman, 1965, registrada para la desembocadura del Amazonas. No obstante, esta especie presenta ganchos bidentados.

### *Magelona* sp. F Uebelacker & Jones, 1984

Material examinado: Seis ejemplares, Est. 41 (6 ind.).

Características diagnósticas distintivas: Prostomio con cuernos poco desarrollados y margen anterior crenulado. Setígeros torácicos 1-8 con lóbulos ventrales neuropodiales cilíndricos y con lamelas medias, sin lóbulos dorsales medios. Setígero 9 con lóbulos triangulares. Setígeros abdominales con lóbulos dorsales y ventrales medios pequeños; lamelas laterales foliáceas. Con ganchos bidentados en dos grupos con arreglo cara a cara.

Observaciones: La especie *Magelona* sp. F fue descrita por Uebelacker y Jones (1984), sin embargo, no se le ha asignado un nombre formal. Los ejemplares recolectados se parecen *M. longicornis* Johnson, 1901 y a *M. phyllisae* Jones, 1963. *Magelona longicornis* Johnson, 1901 difiere por poseer lóbulos dorsales medios en los setígeros 1-8, y lóbulos dorsales y ventrales medios en el setígero 9; además, los ganchos bidentados están arreglados cara-espalda. *Magelona phyllisae* Jones, 1963 también es diferente por presentar los lóbulos abdominales medios de mayor tamaño.

### *Magelona* sp. G

Material examinado: Tres ejemplares, Est. 42 (2 ind.); Est. 60 (1 ind.).

Características diagnósticas distintivas: Prostomio con cuernos bien desarrollados y el margen anterior liso. Con lóbulos dorsales medios, lamelas laterales foliáceas y lóbulo neuropodial ventral largo. Setígero 9 sin lóbulos dorsales medios, lamelas laterales reducidas y lóbulos neuropodiales ventrales largos; con setas especializadas. Setígeros abdominales con lóbulos dorsales medios y

lóbulos ventrales neuropodiales cortos, lamelas grandes, foliáceas y redondeadas. Ganchos abdominales cubiertos bidentados.

Observaciones: La especie *Magelona* sp. G Uebelacker y Jones, 1984 que fue registrada para el norte del Golfo de México, tampoco ha sido nombrada formalmente. Los ejemplares examinados durante el presente trabajo corresponden con las características morfológicas de *Magelona* sp. G Uebelacker y Jones, 1984. Este taxón, a su vez, es similar a *M. pacifica* Monro, 1933 del océano Pacífico, pero difieren en varios atributos: las lamelas laterales notopodiales que son triangulares, tiene lamelas medias espatuladas y las lamelas neuropodiales son pequeñas. También los lóbulos medios dorsales son cirriformes y los ventrales son triangulares en los setígeros torácicos. El setígero 9 tiene lamelas neuropodiales posetales triangulares. Los setígeros abdominales cuentan con lamelas constreñidas basalmente, con lóbulos neuropodiales ventrales triangulares.

*Magelona* sp. I Uebelacker & Jones, 1984

Material examinado: Dos ejemplares, Est 31 (2 ind.).

Características diagnósticas distintivas: Prostomio con cuernos rudimentarios y el margen anterior liso. Setígeros torácicos sin lóbulos neuropodiales ventrales; lamelas laterales lanceoladas con el margen liso, más cortas y digitiformes en los setígeros 3 y 4, aumentando de tamaño hasta el setígero 7. Lamelas neuropodiales muy cortas, con lóbulos ventrales neuropodiales digitiformes. Setígero 9 sin lóbulos dorsales medios, lamelas laterales pequeñas, lóbulos ventrales neuropodiales pequeños y papiliformes. Setígero 9 sin setas especializadas. Tórax con hendiduras oblicuas que se extienden postero-dorsalmente en los notópodos 5 al 7. Esta hendidura es más prominente y, a veces, sólo visible en el setígero 6. Setígeros abdominales con lóbulos dorsales y ventrales cortos; lamelas laterales triangulares a lanceoladas, de tamaño similar. Ganchos abdominales cubiertos y tridentados.

Observaciones: Esta especie es única entre los magelónidos por la presencia de hendiduras oblicuas en los setígeros torácicos. *Magelona* sp. I, fue descrita por Uebelacker y Jones (1984) para el norte del Golfo de México, pero no fue nombrada formalmente. Esta especie, a su vez, es cercana a *Magelona polydentata* Jones, 1963, pero esta carece de la hendidura oblicua en sus setígeros torácicos y los lóbulos dorsales medios y neuropodiales ventrales están ausentes.

*Magelona* sp. L

Material examinado: Dos ejemplares, Est. 62 (2 ind.).

Características diagnósticas distintivas: Prostomio con cuernos frontales bien desarrollados y el margen anterior ligeramente crenulado. Setígeros torácicos con lóbulos dorsales medios, lamelas laterales foliáceas y lóbulos ventrales neuropodiales digitiformes. Setígero 9 sin lóbulos medios dorsales; con lamelas laterales pequeñas y lóbulos ventrales neuropodiales pequeños; con setas especializadas. Setígeros abdominales con lóbulos dorsales medios y lóbulos ventrales neuropodiales pequeños y papiliformes; lamelas laterales redondeadas y grandes. Ganchos abdominales cubiertos y tridentados.

Observaciones: Las características morfológicas observadas en los ejemplares de Tamaulipas corresponden con las descritas para *Magelona* sp. L Uebelacker y Jones, 1963 del norte del Golfo de México. No obstante, esta especie no ha sido nombrada formalmente. Estos organismos también son similares a *M. tehuansensis* Hernández-Alcántara & Solís-Weiss, 2000 del Pacífico mexicano, sin embargo, difieren en varios atributos: *M. tehuansensis* presenta lóbulos dorsales medios grandes y triangulares, lamelas laterales neuropodiales cortas y redondeadas en los setígeros torácicos. El setígero 9 tiene lamelas laterales notopodiales triangulares, lamelas laterales neuropodiales cortas y cónicas, y carece de setas especializadas.

En particular, tres de estas especies de magelónidos se encuentran en proceso de descripción formal: *Magelona* sp. G, *Magelona* sp. I y *Magelona* sp. L. Durante el proceso de identificación de las especies de esta familia también se tuvo la oportunidad de revisar el material recolectado en otros cruceros oceanográficos realizados en el Golfo de México, así como el material biológico recolectado por Uebelacker y Jones (1984) para la porción de EUA del Golfo de México. Esto ha permitido revisar y catalogar a estas tres especies como nuevas para la ciencia, esperando someterlas a revisión de los especialistas para confirmar su estatus.

**Familia Spionidae Grube, 1850**

*Laonice* sp.

Material examinado: Siete ejemplares, Est. 32 (7 ind.).

Características diagnósticas distintivas: Prostomio en forma de campana, sin cuernos. Antena occipital corta, órganos nucales largos y dos pares de ojos pequeños. Branquias sin pínulas

presentes en los 21 setígeros que presenta el ejemplar incompleto. Con bolsas intersegmentales a partir del setígero 6.

Observaciones: Los ejemplares recolectados son similares a *Laonice cirrata* Sars, 1851. *Laonice cirrata* Sars, 1851 tiene el prostomio redondeado, únicamente posee un par de ojos de gran tamaño y las bolsas intersegmentales se presentan a partir del setígero 25 o 26, por lo que difiere de *Laonice* sp. que presenta prostomio en forma de campana, dos pares de ojos pequeños y bolsas intersegmentales a partir del setígero 6.

#### Distribución espacial y batimétrica de la fauna poliquetológica

Las familias Spionidae con 19 especies de siete géneros y Onuphidae con 11 especies de cuatro géneros fueron las más diversas, y representaron el 65% del total de especies identificadas. Por el contrario, la familia Poecilochaetidae registró solo tres especies pertenecientes a un solo género (Figura 10).

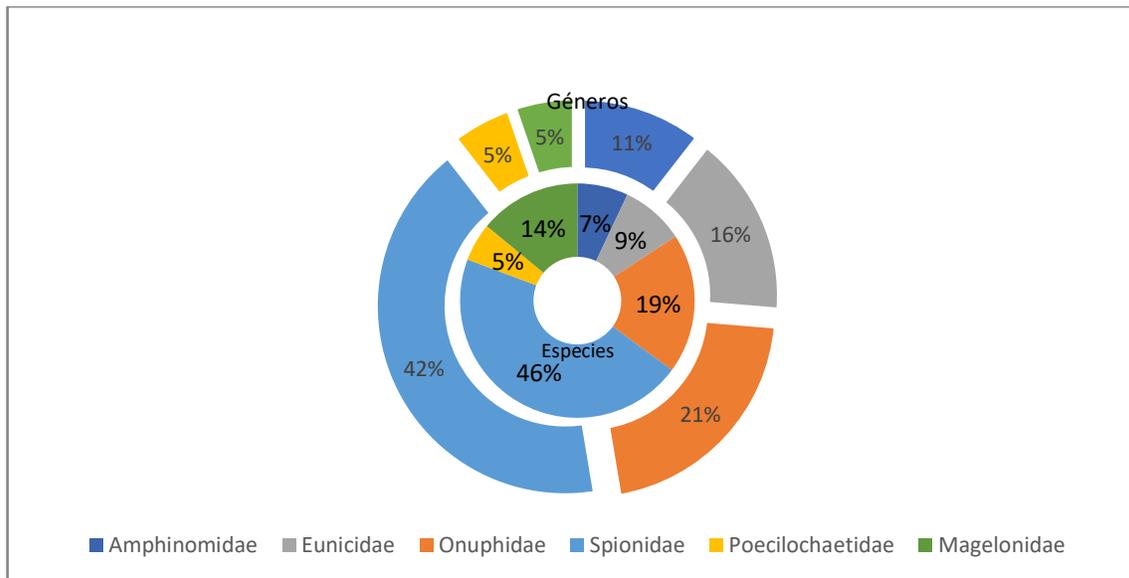


Figura 10. Porcentaje de especies y géneros por familia de poliquetos recolectados en la campaña oceanográfica DINAMO VII.

El número de especies fue mayor en la plataforma interna ( $\bar{x}=8.6$  spp./est.,  $DS=4.55$ ), sobre todo en las estaciones 42 frente a la Boca de la Trinidad y 61 frente a la Laguna el Barril, con 15 especies cada una (Figura 11). En la plataforma media se presentó una muy ligera disminución en el número de especies ( $\bar{x}=7.7$  spp./est.,  $DS=5.49$ ), pero en la plataforma externa la riqueza disminuyó ( $\bar{x}=3.75$

spp./est., DS=2.5), con excepción de la estación 58 en las vecindades de la Laguna Madre, que presentó siete especies (Figura 11). Regionalmente, en el sur se presentó una mayor riqueza específica ( $\bar{x}$ =8.67 spp./est., DS=4.69) en comparación con la región norte ( $\bar{x}$ =6.42 spp./est., DS=4.79), aunque la variabilidad entre las estaciones de ambas regiones fue similar (Figura 11).

Las variaciones de la densidad promedio por estación mostraron una tendencia a disminuir con la profundidad. La plataforma interna presentó la mayor densidad, pero también una mayor variabilidad ( $\bar{x}$ =165.6 ind./0.1 m<sup>2</sup>, DS=170.91), disminuyendo estos valores claramente en la plataforma media ( $\bar{x}$ =80.5 ind./0.1 m<sup>2</sup>, DS= 55.68), pero sobre todo en la externa ( $\bar{x}$ =48 ind./0.1 m<sup>2</sup>, DS= 51.94). En términos generales, la densidad promedio y su variación fue mayor en las estaciones pertenecientes a la región sur ( $\bar{x}$ =183.1 ind./0.1 m<sup>2</sup>; DS=173.2 ind./0.1 m<sup>2</sup>) que en las de la región norte ( $\bar{x}$ =63.6 ind./0.1 m<sup>2</sup>; DS= 50.55) (Figura 11). En el norte, las mayores densidades se presentaron al sur del Río Bravo, sobre todo en la plataforma interna y media (Est. 61, 65, 66), disminuyendo gradualmente hacia la porción central del área de estudio, principalmente en la estación 52, frente a la Boca de Santa Rosa con solo 8 ind./0.1 m<sup>2</sup> (Figura 11). En la región sur, las densidades disminuyeron gradualmente desde el río Soto la Marina hasta el norte de Veracruz. Es necesario resaltar que las máximas densidades se registraron en la plataforma interna de la región sur, sobre todo en la estación 42, frente a Boca de la Trinidad, donde se alcanzaron valores de 568 ind./0.1 m<sup>2</sup>.

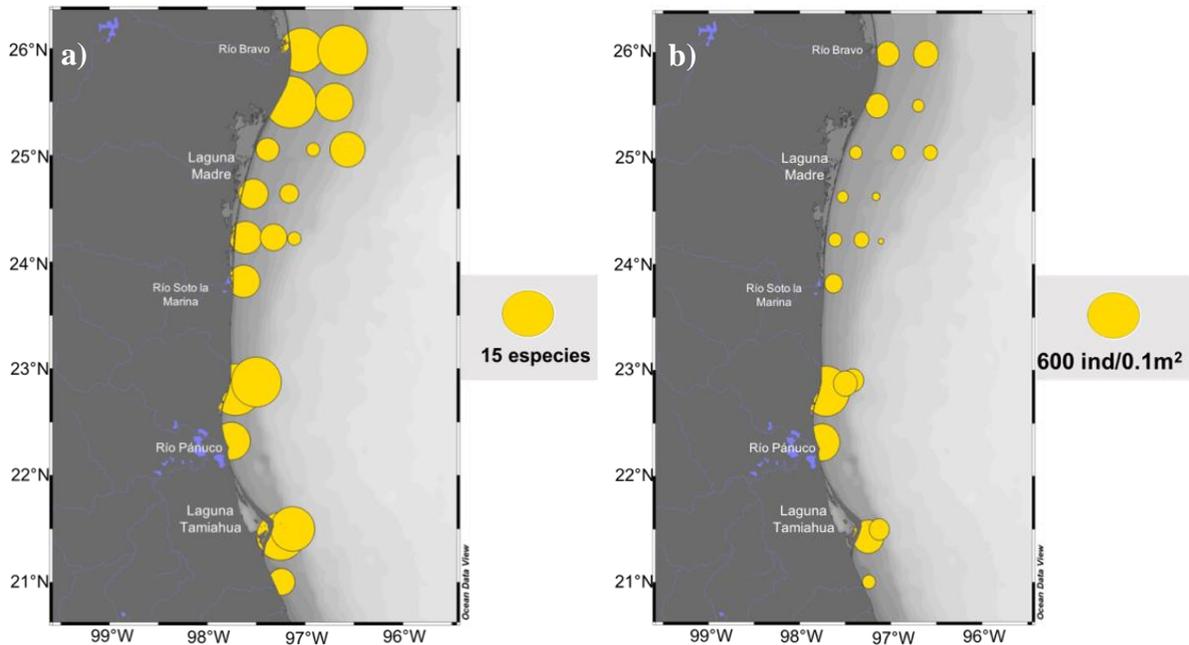


Figura 11. Variación espacial de: a) el número de especies y b) la densidad (ind./0.1m<sup>2</sup>) de poliquetos por estación en el área de estudio durante la campaña DINAMO VII.

En promedio, la diversidad evaluada por medio del índice de Shannon, mostró variaciones relacionadas directamente tanto con los cambios en la profundidad como con su posición en las regiones geográficas. La plataforma interna ( $\bar{x}=2.1$ , DS=0.69) y la plataforma media ( $\bar{x}=2.1$ , DS=1.35) presentaron la mayor diversidad en este estudio y las estaciones de la plataforma media mostraron una mayor variabilidad. Por su parte, la plataforma externa fue claramente la menos diversa ( $\bar{x}=1.1$ , DS=0.97). Regionalmente, la diversidad no difirió entre el sur ( $\bar{x}=1.90$ , DS=1.15) y el norte ( $\bar{x}=1.99$ , DS=0.93), pero hubo mayor variación en la región sur. La diversidad en la región norte aumentó hacia el río Bravo, sobre todo en las estaciones 61 frente a la Laguna El Barril ( $H'=3.36$ ) y 65 frente al Río Bravo ( $H'=3.25$ ). En la región sur no se observó un patrón espacial claro en los valores de diversidad (Figura 12).

En general, los valores de dominancia en la plataforma continental fueron bajos ( $\bar{x}=0.396$ ; DS=0.28), con excepción de las estaciones 52 de la Boca de Santa Rosa y la 59 de la Boca de Santa María, donde se recolectó una sola especie, *Paraprionospio yokoyamai* (Figura 12). El índice de dominancia reflejó ligeras variaciones relacionadas con los niveles batimétricos: la menor dominancia se registró en la plataforma interna ( $\bar{x}=0.33$ , DS=0.17) y la media ( $\bar{x}=0.36$ , DS=0.34). Por el contrario, en las estaciones de la plataforma externa la dominancia de especies se incrementó

claramente ( $\bar{x}$  =0.59, DS=0.36) (Figura 12). Entre las regiones geográficas, los valores de dominancia coincidieron con una muy ligera variación: región sur  $\bar{x}$  =0.39, DS= 0.31 y región norte  $\bar{x}$  =0.39, DS=0.24.

La diversidad y la dominancia de especies tuvieron una relación inversa entre sí, es decir, las estaciones más diversas, en términos generales, presentaron baja dominancia de especies y viceversa (Figura 12). Por ejemplo, en la estación 41 (Boca de Trinidad) se presentó una diversidad elevada ( $H'$ =3.53), pero una baja dominancia ( $D$ =0.09), pues registró 14 especies con un número de individuos similar ( $\bar{x}$  =2.6 ind./sp.; SD=1.7). Por el contrario, en las estaciones 52 (Boca de Santa Rosa) y 59 (Boca de Santa María) solo se recolectó una especie, *Paraprionospio yokoyamai*, con 2 y 12 individuos, respectivamente (Figura 12).

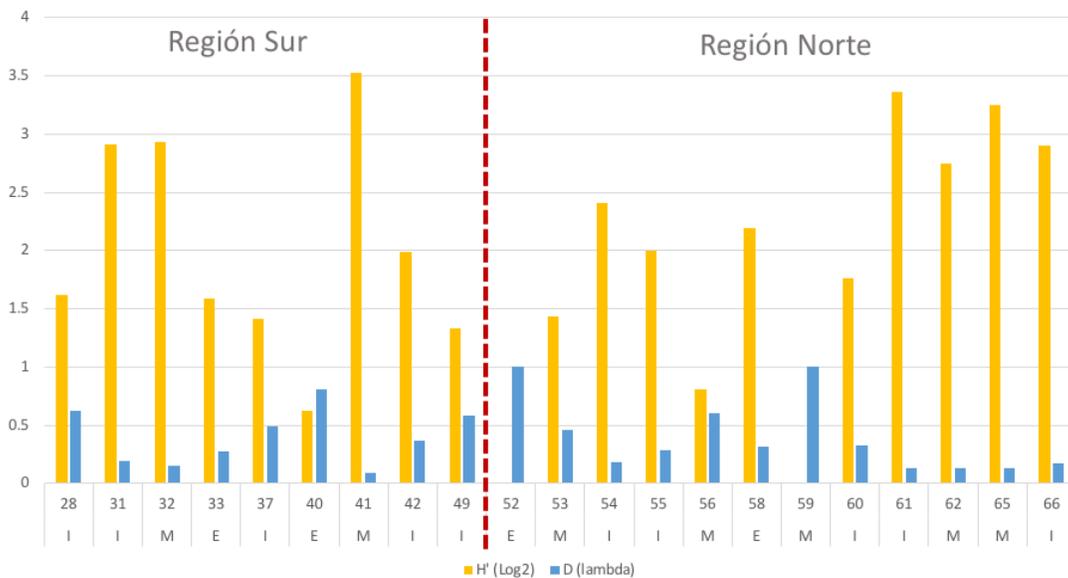


Figura 12. Variación de la diversidad de Shannon ( $H'$ ) y dominancia de Simpson ( $D$ ) por estación. (I = plataforma interna, M= plataforma media, E= plataforma externa; la línea punteada roja separa estaciones de las regiones sur y norte).

### Agrupamientos faunísticos

La similitud entre las estaciones de muestreo de acuerdo con la composición y densidad de la fauna mostró la presencia de dos conglomerados principales, asociados directamente con el nivel batimétrico en el que se localizaron ( $R_{ANOSIM}$ =0.419  $p$ =0.001) (Figura 13). La mayoría de las estaciones pertenecientes a la plataforma interna quedaron integradas en el grupo faunístico I, que presenta una fauna rica y abundante ( $\bar{x}$ =9.6 spp./est.;  $\bar{x}$ =191.5 ind/0.1 m<sup>2</sup>). Las especies que

definieron a este grupo fueron *Paraprionospio yokoyamai* (32.2%) y *P. treadwelli* (25.81%), que contribuyeron con más del 50% a la integración del agrupamiento (Figura 13).

Por su parte, el conglomerado M+E incluyó a las estaciones localizadas en profundidades mayores a 50 m, correspondientes a las plataformas media y externa, que se caracterizaron por presentar una fauna menos diversa y menos abundante ( $\bar{x}=6$  spp./est.;  $\bar{x}=67.6$  ind./0.1 m<sup>2</sup>) que la registrada en la plataforma interna. Debido a sus valores de riqueza específica y densidad, las estaciones 49 de Soto la Marina (6 especies, 84 ind./0.1 m<sup>2</sup>) y 60 de Boca de Santa María (3 especies, 40 ind./0.1 m<sup>2</sup>) de la plataforma interna, también fueron incluidas en este conglomerado. Las estaciones 32 (norte de Veracruz), 41 (sur de Tamaulipas) y 65 (norte de Tamaulipas), quedaron ligeramente aisladas del grupo principal, en la porción inferior del gráfico, debido a que, a diferencia de las otras estaciones del grupo M+E, presentaron una mayor riqueza (11, 14 y 14 especies, respectivamente) y densidad (104 ind./0.1 m<sup>2</sup>, 148 ind./0.1 m<sup>2</sup> y 156 ind./0.1 m<sup>2</sup>, respectivamente) (Figura 13). En este agrupamiento, la especie *Pararionospio yokoyamai* fue la más importante, contribuyendo con el 82.05% a la integración del grupo (Figura 13).

El espionido *Pararionospio yokoyamai* fue claramente la especie más importante en el oeste del Golfo de México e influyó en forma diferencial a la integración de cada grupo faunístico debido a la desigualdad en sus valores de densidad. Si bien fue más abundante en la plataforma interna, en este nivel batimétrico también se registró un mayor número de especies, por lo que otras especies, como *Praraprionospio treadwelli*, también contribuyeron a definir el agrupamiento. Este último espionido también fue abundante y se distribuyó ampliamente en todas las estaciones del conglomerado. Por el contrario, esta especie no se recolectó en profundidades mayores a 50 m.

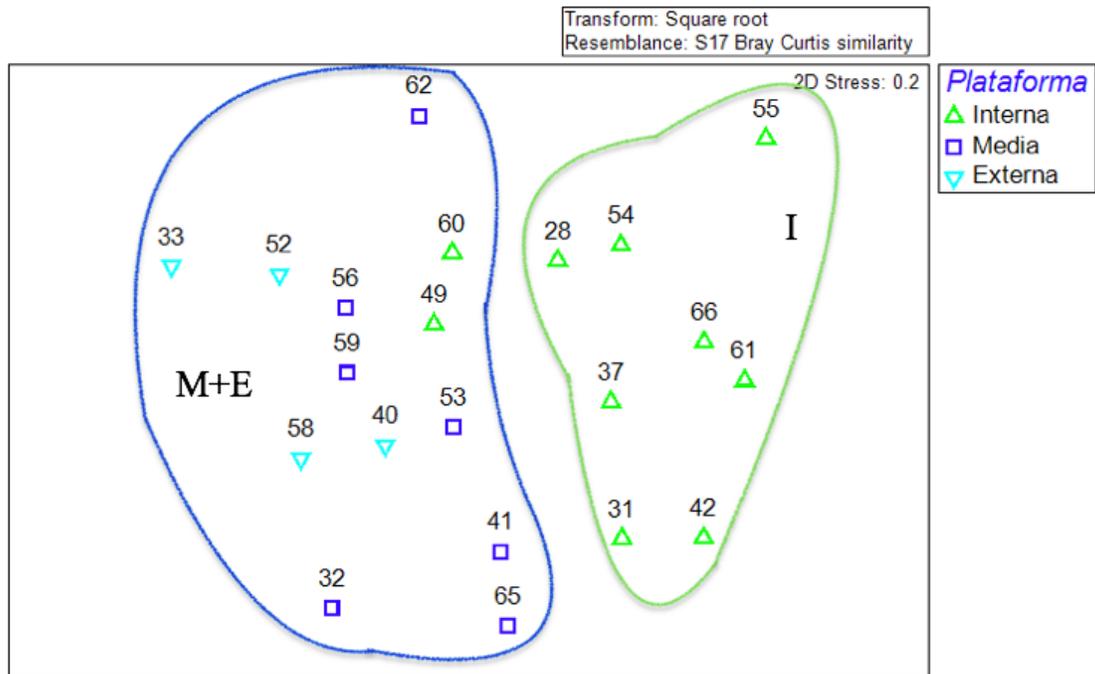


Figura 13. Distribución espacial de los grupos faunísticos (I, M+E) por nivel batimétrico (plataforma interna, media o externa) generado por el nMDS.

Regionalmente no se detectó la presencia de agrupamientos faunísticos definidos ( $R_{ANOSIM}=0.056$ ,  $p=0.202$ ), a pesar de las diferencias observadas previamente en sus valores de riqueza ( $\bar{x}_{sur}=8.67$  especies y  $\bar{x}_{norte}=6.42$  especies) y densidad ( $\bar{x}_{sur}=183$  ind./ $0.1m^2$  y  $\bar{x}_{norte}=63.6$  ind./ $0.1m^2$ ) (Figura 14). En términos generales, esto mostró que las especies de poliquetos se distribuyeron ampliamente en el área de estudio, por lo que la composición faunística en la región sur no es significativamente distinta de la registrada en el norte (Figura 14). A pesar de esto, vale la pena resaltar que se detectaron algunas diferencias regionales entre las estaciones que se ubican en la plataforma interna, ya que en el sur (estaciones 28, 31, 37 y 42) la fauna sí presentó diferencias con la registrada en la plataforma interna del norte (estaciones 54, 55, 61 y 66) (Figura 15). A pesar de que el número de especies fue similar en la plataforma interna de estas dos regiones ( $\bar{x}_{interna sur}=9.2$  spp.;  $\bar{x}_{interna norte}=8$  spp.), sus divergencias faunísticas se debieron fundamentalmente a las amplias diferencias que presentaron sus valores de densidad: sur ( $\bar{x}_{interna sur}=252.2$  ind./ $0.1m^2$ ), el norte ( $\bar{x}_{interna norte}=78.4$  ind./ $0.1m^2$ ) (Figura 15).

Las especies emblemáticas de la fauna que habita en la plataforma interna de la región sur fueron *Paraprionospio yokoyamai* (54.59%) y *P. treadwelli* (32.78%), mientras que en la plataforma interna del norte *Magelona uebelackerae* (21.69%) y *P. yokoyamai* (18.99%) fueron las especies que caracterizaron a este nivel batimétrico. Por tanto, las diferencias entre la fauna de la plataforma interna que vive en estas dos regiones fueron básicamente asociadas con la densidad y distribución diferencial de *P. treadwelli* (16.83%), *P. yokoyamai* (15.24%) que estuvieron mejor representadas en el sur (Figura 15).

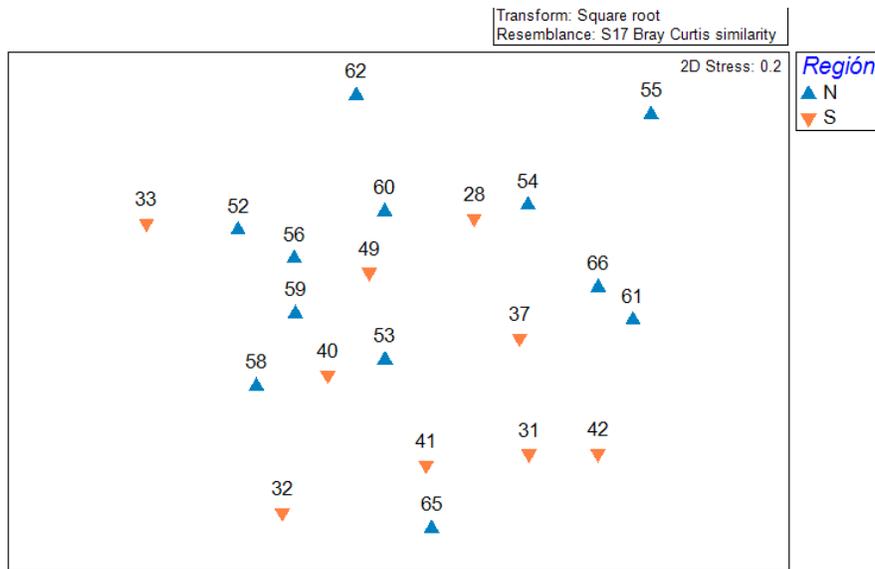


Figura 14. Distribución espacial de las estaciones de acuerdo con su ubicación en las regiones norte o sur, generado por el nMDS.

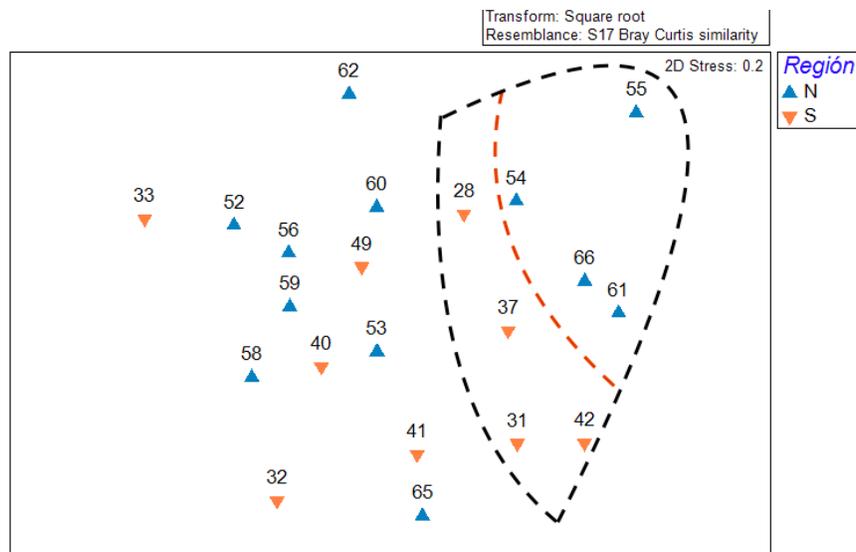


Figura 15. nMDS de acuerdo con la composición y densidad de las especies por estación, resaltando (línea punteada) las diferencias regionales de la fauna que habita en la plataforma interna.

## Relación fauna-ambiente

En términos generales, la heterogeneidad ambiental y la amplia variabilidad en la distribución de las especies de poliquetos en el oeste del Golfo de México, se vio reflejada en una baja correlación entre los cambios ambientales y faunísticos ( $R_{\text{HRELATE}} = 0.295$ ,  $p = 0.001$ ) (Figura 16). A pesar de ello, la profundidad, salinidad y el porcentaje de arena fueron los factores que determinaron en mayor medida la distribución de las especies ( $\rho_{\text{BEST}} = 0.382$ ). Se pudo observar que las diferencias entre las condiciones abióticas y la fauna son debido principalmente a que, mientras las características ambientales entre la plataforma media y externa son claramente distintas, la fauna que habita en estos niveles batimétricos es similar, como se había observado previamente, corresponde fundamentalmente con la distribución del agrupamiento *Pararionospio yokoyamai* (Figura 16).

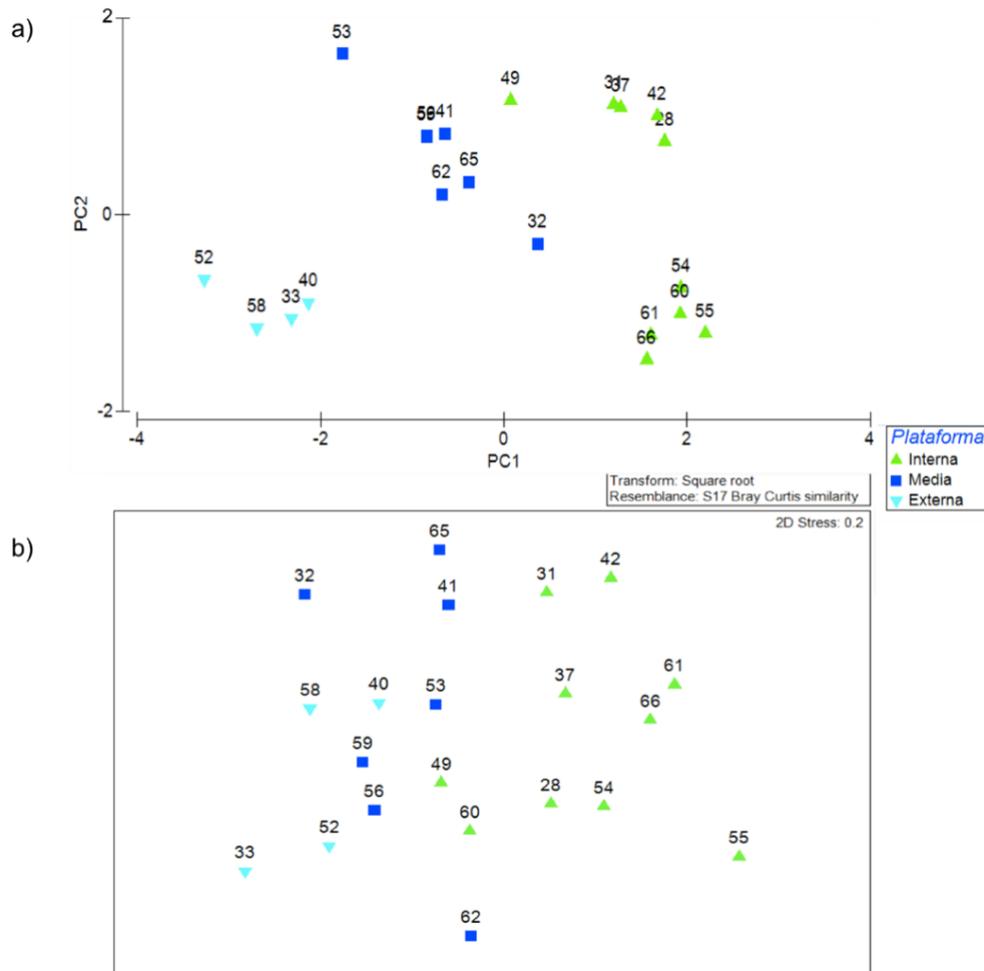


Figura 16. Comparación entre todas las estaciones del área de estudio: a) diagrama de ordenación del PCA de acuerdo con las variables ambientales y b) la distribución de la fauna generada por el nMDS. Las estaciones están etiquetadas de acuerdo con su posición en la plataforma continental.

En particular, la correlación entre las estaciones donde se distribuyó el agrupamiento *P. yokoyamai*-*P. treadwelli* y las condiciones ambientales prevalecientes en esos sitios fue significativa ( $R_{\text{HRELATE}}=0.508$ ,  $p=0.006$ ) (Figura 17). La presencia de este grupo faunístico, básicamente en la plataforma interna, estuvo asociado con las variaciones de temperatura ( $\rho_{\text{BEST}}=0.547$ ), sobre todo entre las regiones norte y sur, ya que como se había indicado previamente, este agrupamiento incrementó su densidad precisamente en las estaciones más cálidas que se ubicaron en el sur del área de estudio.

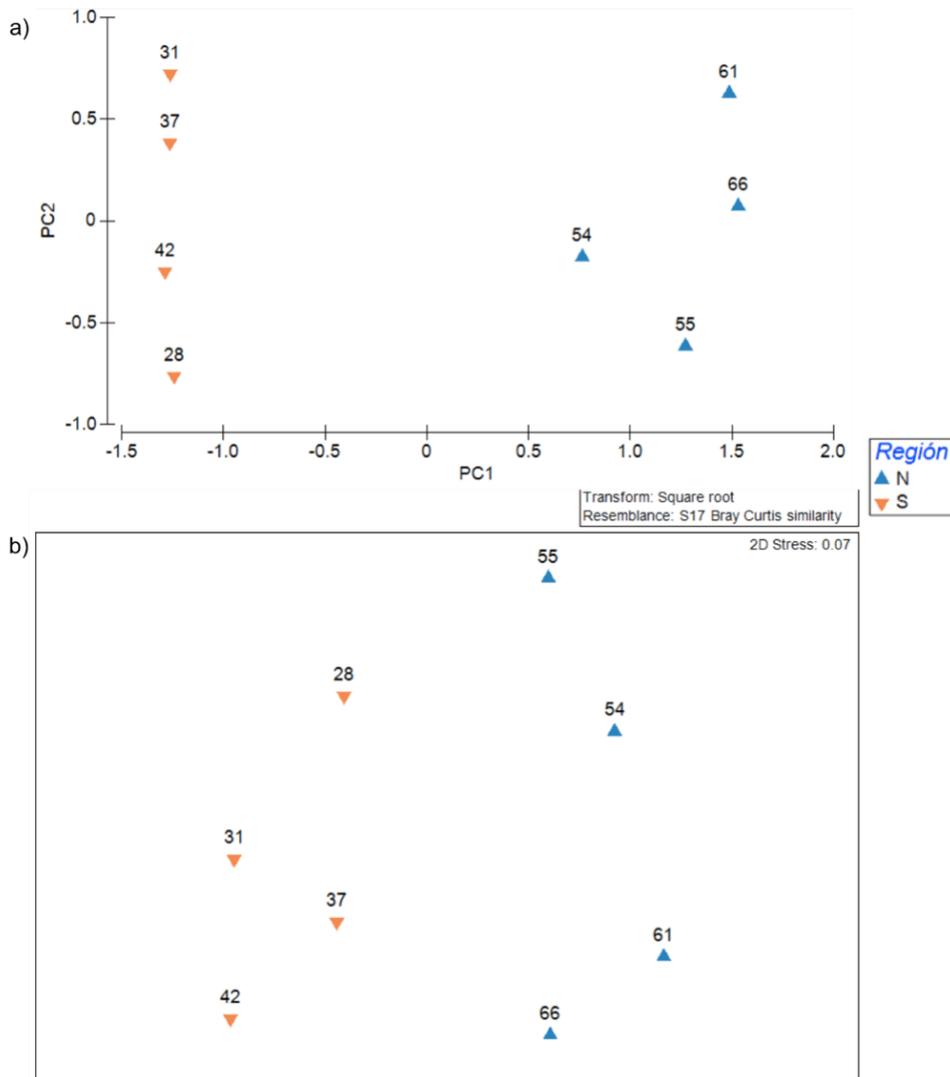


Figura 17. Comparación entre estaciones del grupo faunístico *P. yokoyamai* – *P. treadwelli* localizado únicamente en estaciones de la plataforma interna: a) diagrama de ordenación del PCA de acuerdo con las variables ambientales en las estaciones del grupo y b) la distribución espacial de las estaciones donde se presenta el grupo faunístico generada por el nMDS.

Por su parte, como ya se había observado, la distribución espacial del conglomerado *P. yokoyamai* no se correlacionó significativamente con las condiciones ambientales prevalecientes en su zona de distribución ( $R_{\text{HORELATE}}=0.062$ ,  $p=0.633$ ) (Figura 18). Esto fue corroborado con el análisis BEST, ya que sus resultados mostraron que solo las variaciones en el porcentaje de arenas podrían influir en la distribución de este agrupamiento, aunque su nivel de correlación fue muy bajo ( $\rho_{\text{BEST}}=0.1$ ).

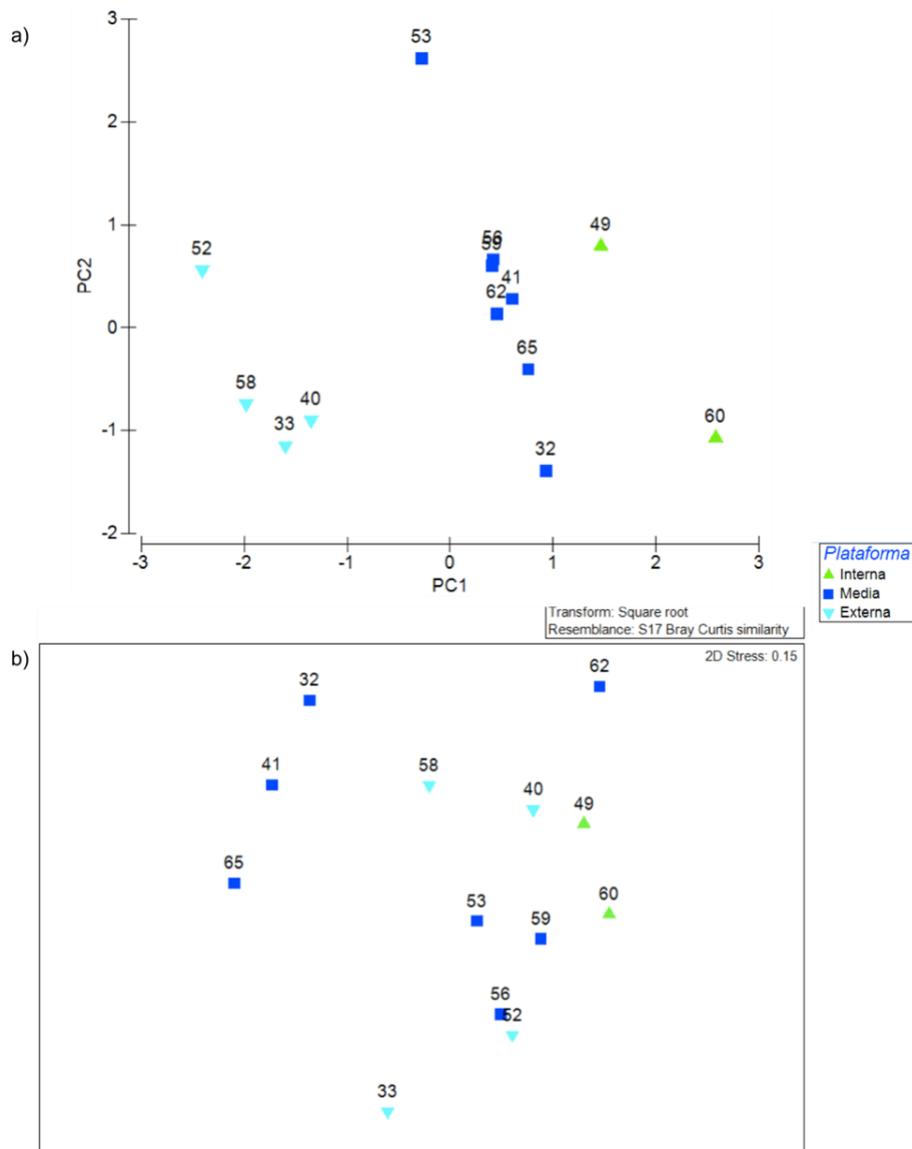


Figura 18. Comparación entre estaciones del grupo faunístico *P. yokoyamai*: a) diagrama de ordenación del PCA de acuerdo con las variables ambientales y b) la distribución espacial de las estaciones donde se presenta el grupo faunístico generada por el nMDS.

## Discusión

### Estructura ambiental

En términos generales, la plataforma continental en el norte de Veracruz presenta una pendiente mayor que la plataforma de Tamaulipas (Silva & Campos, 1986), y las variaciones en sus intervalos de profundidad (20.8-174.9 m) tuvieron una fuerte influencia sobre los cambios en la temperatura y la salinidad, determinando la estructura ambiental en el área de estudio. Las tendencias observadas en estas dos variables fueron similares a las registradas por Alvarado-Cerón (2009) en esta misma región marina: tanto la temperatura como la salinidad disminuyeron con el incremento de la profundidad, siendo menores hacia la porción norte del área de estudio. Estas tendencias fueron resultado de la circulación temporal y local del Golfo de México, las corrientes y la época de muestreo (De la Lanza-Espino, 2001; Zavala *et al.*, 2003). La disminución batimétrica de temperatura en la plataforma externa está relacionada con la presencia de la termoclina, que en invierno es más profunda (90 m). Además, las variaciones batimétricas de la salinidad estuvieron relacionadas con la presencia de las masas de Agua Común del Golfo de México (36.3 a 36.4 ups) mezclada con el Agua Subtropical Subsuperficial del Golfo de México (>36.6 ups), localizadas entre los 50 y 250 m de profundidad (De la Lanza-Espino, 2001). Las variaciones de salinidad fueron ligeramente mayores en la plataforma interna, comparadas con las variaciones de las plataformas media y externa. El aumento de variación en la plataforma interna está relacionado con su cercanía a la costa y la influencia de los aportes de los ríos Bravo, San Juan, Soto la Marina, Tamesí, Pánuco, San Fernando, Tuxpan, Czones, Tecolutla y Nautla, así como las lagunas Madre y Tamiahua (De la Lanza-Espino & Gómez-Rojas, 2004; Ortiz-Pérez, 2006). Dada la gran cantidad de ríos y lagunas en el área de estudio, se esperarían variaciones grandes de salinidad cerca de la costa. Sin embargo, las variaciones de salinidad no fueron muy amplias debido a que el estudio se realizó durante la temporada de secas, por lo que su influencia a pesar de estar presente cerca de la costa, no fue muy marcada. Por otro lado, durante el mes de abril, las corrientes en la plataforma oeste del Golfo de México, que fluyen hacia el sur durante el invierno, cambian su dirección hacia el norte en la primavera y verano por lo que aguas más cálidas y saladas sustituyen poco a poco las aguas frías y de menor salinidad de invierno relegándolas hacia el norte del Golfo de México (Zavala *et al.*, 2003). Por ello, las temperaturas y salinidades desde la perspectiva regional, que fueron registradas en este trabajo, también se vieron

influenciadas por los remanentes de aguas con baja temperatura y salinidad provenientes de Louisiana y Texas, que aún circulan durante la primavera en la zona de estudio (Zavala-Hidalgo *et al.*, 2003). La diferencia de salinidad entre las regiones norte y sur analizadas durante el presente estudio, está asociada con la presencia de fuertes corrientes costeras y a que la región norte se encuentra en contacto con una mayor cantidad de aguas de baja salinidad provenientes de los ríos Atchafalaya y Mississippi, cuya descarga es máxima en abril, debido al deshielo que se da en la cuenca del Mississippi (Zavala-Hidalgo & Fernández-Eguiarte, 2006). El hecho de que la salinidad tuviera menos fluctuaciones en la región sur y variara más en la región norte, es un reflejo de que la circulación del Golfo de México influye más que los aportes fluviales en las fluctuaciones ambientales del área de estudio durante la temporada de secas (Zavala-Hidalgo *et al.*, 2003).

Los lodos fueron los sedimentos predominantes en el área de estudio y su porcentaje aumentó hacia la plataforma externa. Por el contrario, la arena presentó una tendencia contraria, disminuyendo conforme aumentó la profundidad. Estos resultados fueron similares a los registrados por Alvarado-Cerón (2009) durante la misma temporada climática, misma tendencia ya señalada previamente en la plataforma continental del oeste del Golfo de México por distintos autores (Pica-Granados *et al.*, 1991; Aguayo & Trápaga, 1996; Alvarado-Cerón, 2009). La presencia de arena en las estaciones más cercanas a la costa, en la plataforma interna, es usual debido a que la acción del oleaje remueve los sedimentos finos. Por tanto, se observó una variación gradual de sedimentos más gruesos en las zonas someras a finos en zonas más profundas (Morales-de-la-Garza & Carranza-Edwards, 1995). Esto explicó la ausencia de arena en las estaciones más profundas, mientras los lodos representaron incluso el 100% de sedimentos en la plataforma externa. Alvarado-Cerón (2009) indicó que el limo tiende a aumentar hacia el norte de la plataforma occidental del golfo durante la temporada de secas, mientras que las arenas presentaron la tendencia contraria, en promedio, con mayor porcentaje en el sur que en la región norte. Estas tendencias estuvieron relacionadas con la disminución de aportes fluviales durante la época del muestreo (Zavala-Hidalgo *et al.*, 2003).

La materia orgánica se incrementó hacia mayores profundidades, relacionado directamente con el tipo de sedimento dominante en cada zona batimétrica, sobre todo con la presencia de lodos, ya que la absorción de materia orgánica es mayor cuando disminuye el tamaño de la partícula del

sustrato (Hernández-Alcántara, 2002; Alvarado-Cerón, 2009). Las variaciones en el contenido de materia orgánica mostraron un aumento hacia el norte, como era de esperarse debido al aumento de los sedimentos lodosos en esta región. En particular, la mayor concentración de materia orgánica en las vecindades del río Soto la Marina y en menor medida frente al río Pánuco y a la Laguna Madre, estuvo asociada con el incremento de los sedimentos de tamaños finos, sobre todo de arcillas, que dominaron en estas regiones (Franco-Piña, 2000; Alvarado-Cerón, 2009). Por otra parte, Alvarado-Cerón (2009) relacionó la disminución del contenido de materia orgánica en la región sur, con una reducción de los aportes de la Laguna de Tamiahua, como una consecuencia del desequilibrio ecológico generado probablemente por las actividades antropogénicas que se realizan en esa laguna.

La estructura ambiental observada en el área de estudio estuvo definida principalmente por la profundidad, determinando que las estaciones fueran agrupadas de acuerdo con su ubicación en la plataforma interna, media o externa. Sin embargo, con excepción de la plataforma interna, la estructura ambiental de la plataforma continental no mostró diferencias regionales. La separación de las estaciones de la plataforma interna situadas en las regiones sur y norte fue asociada con la presencia de aguas con menor temperatura y salinidad por los aportes de los ríos Atchafalaya y Mississippi que aún prevalecían en la región norte, y generaron condiciones distintas a las prevalecientes en las estaciones del sur debido a la gran influencia de la circulación local en el área de estudio (Zavala-Hidalgo *et al.*, 2003; Jasso-Montoya, 2012).

#### Distribución espacial y batimétrica de la fauna poliquetológica

La proporción de especies potencialmente nuevas para la ciencia que han sido registradas en este estudio (15.7% del total de especies) reflejan que aún falta mucho por conocer sobre la fauna de invertebrados bénticos de los mares de México, y en particular la necesidad de continuar estudiando la fauna poliquetológica que habita en la plataforma oeste del Golfo de México. La gran variabilidad intra- e interespecífica que presentan los poliquetos, además, ha sido una de las principales dificultades para su estudio, por lo que las observaciones sobre las peculiaridades morfológicas que presentaron algunas de las especies registradas en este estudio, podría ser de gran ayuda para su identificación taxonómica en trabajos futuros, ya que otro de los problemas

observados es la carencia de publicaciones formales sobre estos en el oeste del golfo (Alvarado-Cerón, 2009; Delgado-Blas & Salazar-Silva, 2011).

A pesar de que durante este trabajo solo se estudiaron seis familias de poliquetos, la fauna que vive en la plataforma continental del oeste del Golfo de México es abundante y diversa. En tanto que Alvarado-Cerón (2009) examinó la totalidad de la fauna de poliquetos recolectada en esta misma región, el número de especies examinadas en el presente estudio (57 especies) fue ligeramente mayor al registrado por esta autora para estas mismas seis familias (53 especies). Las familias Spionidae (19 especies) y Onuphidae (11 especies) han presentado regularmente la mayor riqueza de especies, ya que Alvarado-Cerón (2009) registró 19 especies de Spionidae y 12 especies de Onuphidae, mientras que Delgado-Blas (2001) también encontró que la familia Spionidae fue la más diversa (siete especies). Es claro que, al igual que en el sur del Golfo de México, los espiónidos son los más diversos, no solamente durante la temporada de secas, ya que si bien el estudio de Alvarado-Cerón (2009) fue realizado también durante la temporada de secas, el de Delgado-Blas (2001) se llevó a cabo a lo largo del año (en secas, lluvias y nortes).

En el presente estudio los espiónidos más abundantes fueron *Paraprionospio yokoyamai* y *P. treadwelli*, mientras que en el trabajo de Alvarado-Cerón (2009) fueron *P. pinnata* y *P. dubia*, y en el de Delgado-Blas (2001) *P. pinnata*. A diferencia de este trabajo, es notable la presencia de *P. pinnata* en el oeste del Golfo de México, sin embargo, esto es debido a la problemática que ha presentado durante muchos años la identificación taxonómica de esta especie. *Paraprionospio pinnata* ha sido registrada ampliamente en el Golfo de México, pero también en varias regiones del mundo. La localidad tipo de esta especie se localiza en Chile (Ehlers, 1901) y al parecer sus registros a lo largo de los mares del mundo son cuestionables ya que se trata de un complejo de especies. En este sentido, Delgado-Blas (2004) analizando ejemplares del Gran Caribe describió *Paraprionospio tamaii* y *P. yokoyamai* que muy posiblemente sean las especies válidas de los ejemplares identificados previamente como *P. pinnata* en el Golfo de México. Sin embargo, Yokoyama (2007) concluyó que *P. treadwelli*, *P. tamaii* y *P. yokoyamai* son sinónimas de *P. alata*, una especie descrita originalmente en el sur de California por Moore (1923), basándose en la forma de las lamelas branquiales y la presencia de crestas dorsales. En este sentido, él redescubrió *P. alata* mezclando características de las especies tipo de *P. alata*, *P. plumosa* (formalmente *P. treadwelli*),

*P. yokoyamai* y *P. tamaii*. Es claro que es necesaria una revisión del material tipo de todas estas especies para aclarar su estatus taxonómico, a pesar de esto, Delgado-Blas y Carrera-Parra (2018) presentaron algunas características para distinguir estas especies como válidas y una clave taxonómica para su identificación. Por tanto, se consideraron *P. yokoyamai* y *P. treadwelli* como especies distintas. No obstante, es necesario señalar la importancia de realizar una revisión detallada de todas las especies previamente registradas como *P. pinnata* en el Golfo de México para reasignarlas a alguna de las especies previamente mencionadas.

Otra especie que también ha presentado problemas en su identificación es *Prionospio dubia*, pues los ejemplares registrados con este nombre en el Golfo de México podrían corresponder a *P. jonatani* o incluso a *Paraprionospio* sp. 3, una especie potencialmente nueva para la ciencia, registrada en el presente estudio, que es cercana a *P. jonatani* y *P. dubia*. Cabe mencionar que los espiónidos no solo son abundantes y diversos en la plataforma occidental del Golfo de México, ya que regularmente se ha registrado su alta diversidad, abundancia y dominancia, en particular de las correspondientes al género *Paraprionospio*, en los mares de México, tanto del Pacífico como del Golfo de México (Flint & Rabalais, 1980; Hernández-Alcántara, 2002; Domínguez-Castanedo *et al.*, 2007; Baustian & Rabalais, 2009; Domínguez-Castanedo *et al.*, 2015; Prado-Navarro *et al.*, 2016). En ese sentido, es importante llevar a cabo las revisiones del material tipo para definir y reasignar de mejor manera a las especies de nuestro país.

La clara dominancia de especies pertenecientes a la familia Spionidae en la plataforma occidental del Golfo de México no es rara, ya que los espiónidos han sido regularmente registrados como dominantes en aguas mexicanas, tanto del Golfo de México (Delgado-Blas, 2001; Domínguez-Castanedo *et al.*, 2007; Alvarado-Cerón, 2009; Domínguez-Castanedo *et al.*, 2012), como del Pacífico (Hernández-Alcántara *et al.*, 1994; Hernández-Alcántara & Solís-Weiss, 2005). Los espiónidos son tolerantes a una amplia gama de condiciones ambientales, como los cambios en la profundidad, temperatura y salinidad, e incluso algunas de sus poblaciones pueden tolerar diferentes niveles de hipoxia (Levin *et al.*, 2000). El resto de las familias son diversas y comunes en la plataforma oeste del Golfo de México, pero se sabe que no suelen dominar como los Spionidae en los ambientes de plataforma continental (Jumars *et al.*, 2015).

En cuanto a sus hábitos de vida, los espiónidos habitan en el fondo marino formando madrigueras o sobre el sustrato, por lo que presentan una vagilidad limitada, es decir, no se desplazan mucho en su medio (Jumars *et al.*, 2015). Se alimentan de partículas suspendidas en la columna de agua de manera pasiva o bien de partículas depositadas en la superficie del fondo marino (Jumars *et al.*, 2015). Otra familia que comparte estos hábitos de alimentación y que son excavadores por excelencia, son los magelónidos, que fueron la tercera familia con mayor riqueza específica en el occidente del golfo (Mortimer, 2019). A diferencia de los espiónidos, los magelónidos presentan una mayor movilidad y usualmente no son un grupo dominante, aunque sí se distribuyen regularmente en la plataforma continental (Jumars *et al.*, 2015).

Por su parte, los onúfidos que fueron la segunda familia con más especies, en su mayoría son tubícolas, pero usualmente presentan una movilidad discreta, pues son capaces de desplazarse junto con su tubo. Son omnívoros pasivos, suelen permanecer enterrados esperando el momento adecuado para emboscar a su presa o atrapar carroña, algas o detritus (Carrera-Parra, 2009; Jumars *et al.*, 2015). La familia Eunicidae, que fue menos diversa, comparte varias características morfológicas con los onúfidos al presentar una faringe armada con mandíbulas articuladas, y también ser omnívoros pasivos (Jumars *et al.*, 2015). Sin embargo, la formación de tubos varía entre especies y de acuerdo a la etapa de su vida, por tanto, su movilidad es mayor. Los eunícidos han sido preferentemente asociados con ambientes coralinos y otros sustratos duros, lo que explica su baja abundancia en los sustratos blandos del área de estudio (Hernández-Alcántara *et al.*, 2019; Jumars *et al.*, 2015).

Entre las familias menos abundantes, los anfinómidos o gusanos de fuego son poliquetos con una gran movilidad ya que se desplazan sobre el sustrato, nadan o incluso se entierran (Jumars *et al.*, 2015). Son excelentes depredadores, pero también son carroñeros y algunas especies del género *Linopherus*, como los registrados en este estudio, se alimentan también de detritus. La baja abundancia de esta familia en el área de estudio estuvo relacionada con el tipo de sedimento dominante, ya que estos organismos preferentemente habitan en ambientes coralinos, sobre todo en corales muertos (Hernández-Alcántara *et al.*, 2019; Jumars *et al.*, 2015), o en sedimentos arenosos (Jumars *et al.*, 2015). Por su parte, los miembros de la familia Poecilochaetidae presentan poca movilidad y habitan en madrigueras en forma de “U” o “V” que construyen en sedimentos

blandos y se alimentan de detritus. Su poca abundancia es usual en los fondos de los mares del mundo, aunque pueden ser abundantes de manera local (Jumars *et al.*, 2015). Cabe resaltar que solo 30 especies han sido descritas en esta familia y en este estudio tres de ellas fueron registradas.

La presencia del grupo faunístico *Paraprionospio yokoyamai-Paraprionospio treadwelli* en la plataforma interna fue principalmente definida por las variaciones de temperatura, la cual es influenciada por la disminución de la profundidad. Autores como Martins *et al.* (2013), Dikaeva y Frolova (2018), y Rehitha *et al.* (2019) han observado que los cambios relacionados directamente con la profundidad, como la temperatura y la salinidad, son determinantes en la distribución espacial de estos poliquetos en los fondos blandos. Por su parte, la distribución del grupo de *Paraprionospio yokoyamai*, en profundidades mayores a 50 m, estuvo asociada con la ausencia de sedimentos arenosos; los parámetros de sedimento, como el tamaño de grano y la materia orgánica, también han sido asociados con diferencias en abundancia y diversidad de organismos en el fondo marino que habitan en sedimentos blandos (Musale & Desai, 2011; Martins *et al.*, 2013; Dikaeva & Frolova, 2018; Rehitha *et al.*, 2019). En este sentido, la mayor abundancia y diversidad del agrupamiento faunístico *P. yokoyamai-P. treadwelli* está también relacionada con el hecho de que en la plataforma interna se presentaron sedimentos con una mezcla de tamaños de grano, permitiendo el asentamiento de mayor cantidad de especies e individuos (Del-Pilar-Ruso *et al.*, 2009; Rehitha *et al.*, 2019). Por el contrario, el agrupamiento de *P. yokoyamai* claramente presentó una menor diversidad y abundancia, sobre todo por el incremento de lodos en la plataforma media y externa del área de estudio, por lo que la mezcla de tamaños de grano fue mínima (Del-Pilar-Ruso *et al.*, 2009; Rehitha *et al.*, 2019).

Regionalmente, la fauna de poliquetos no presentó diferencias significativas, y solo en la plataforma interna se detectaron contrastes entre la composición y abundancia de las especies de poliquetos que habitan en el sur y el norte del área de estudio. Este patrón de distribución fue determinado fundamentalmente por la presencia del agrupamiento *P. yokoyamai-P. treadwelli*, aunque en este caso en particular, el magelónido *Magelona ueberlackerae* también contribuyó a esta diferenciación regional. Estas diferencias faunísticas se relacionaron con la mayor variabilidad ambiental observada en la plataforma interna, tanto en los valores de temperatura y salinidad como del tipo de sedimento.

Uno de los aspectos importantes a resaltar en la distribución regional de los poliquetos refleja cuestiones biogeográficas que no quisieron dejarse de lado, a pesar de que este estudio no es biogeográfico. La separación entre la fauna que habita en la plataforma interna del norte y del sur se presentó en las vecindades del río Soto la Marina. Esta zona de separación está ubicada precisamente alrededor del límite geográfico propuesto para separar las provincias zoogeográficas Carolineana y Caribeña (Briggs, 1974).

La provincia Carolineana se caracteriza por presentar aguas cálido-templadas, cuyos límites se localizan entre Cabo Romano, Florida, en el Atlántico, y Cabo Rojo, México, en el Golfo de México, pero con una discontinuidad por la presencia del sur de la península de Florida (Briggs, 1974; Wilkinson *et al.*, 2009). Cabe mencionar que la fauna presenta una mayor riqueza específica dentro del golfo (Briggs, 1974; Wilkinson *et al.*, 2009). Por su parte, la provincia Caribeña se extiende hacia el sur hasta el Río Amazonas, incluyendo el sur de Florida y Bermudas, y se caracteriza por sus aguas cálidas tropicales, y alberga una fauna diversa. Hasta el momento no se ha llegado a un consenso sobre los límites de estas provincias y, por tanto, en el límite de las aguas tropicales y templadas (Briggs, 1974; Briggs & Bowen, 2012).

La delimitación de estas provincias zoogeográficas se ha basado en el análisis de los grupos faunísticos con un mayor conocimiento sobre su taxonomía y distribución como los peces, crustáceos, moluscos y equinodermos. Otros invertebrados, como los poliquetos, son relativamente menos estudiados y no han sido considerados en las propuestas de regionalización biogeográfica. Sin embargo, los resultados generados por el presente estudio indican que pueden ser muy importantes para corroborar dicha regionalización o incluso definir mejor sus fronteras. A pesar de que muchas especies de poliquetos habían sido consideradas como cosmopolitas, el avance en años recientes del conocimiento sobre su taxonomía ha demostrado que la mayoría de ellas son especies cercanas entre sí, pero taxones distintos. Por ello, con el mayor avance en el conocimiento taxonómico, biológico y ecológico de este grupo de invertebrados, se verificará su utilidad en los estudios biogeográficos, como ha sido ya mencionado por algunos poliquetólogos como Hartman (1954), Fauchald (1977) y Salazar-Vallejo (2000).

La baja correlación que se obtuvo entre la distribución de la fauna y la estructura ambiental de la plataforma de estudio se relacionó en primera instancia con la heterogeneidad del área estudiada. No obstante, es importante resaltar la influencia de la biología de los organismos en estos resultados. Ya que se trabajaron familias abundantes y diversas, las cuales representaron al menos tres grupos distintos en hábitos de vida; incluyeron alimentación por detritos (Spionidae, Magelonidae, Poecilochaetidae), omnivoría (Onuphidae, Eunicidae) o depredación (Amphinomidae); tipo de movilidad, vagilidad limitada (Spionidae, Magelonidae, Poecilochaetidae), media (Onuphidae) y alta (Eunicidae, Amphinomidae); y conducta, construcción de tubos (Onuphidae) o madrigueras (Spionidae, Magelonidae, Poecilochaetidae) o no (Eunicidae, Amphinomidae) y su asociación con otros grupos animales como los corales (Eunicidae, Amphinomidae) o simplemente su abundancia en ambientes de plataforma (Magelonidae y Poecilochaetidae) (Jumars *et al.*, 2015). Esto quiere decir que la diversidad de especies se traduce en diversidad de hábitos de vida por lo que las correlaciones son difíciles de determinar. Aunado a lo anterior, algo que es importante resaltar es que la familia de mayor riqueza, abundancia y dominancia se caracteriza especialmente por su tolerancia a amplios intervalos de condiciones ambientales (Levin *et al.*, 2000), por lo que encontrar una sola variable que explique la complejidad de lo que fue observado en la plataforma oeste del Golfo de México es, si no imposible, complicado en este caso.

Finalmente, el estudio de la taxonomía, diversidad y distribución de los poliquetos es muy importante para fortalecer y comprender no solo el papel ecológico que juegan en los fondos marinos, sino en todo el ecosistema béntico, donde pueden llegar a representar hasta el 65-70% de la macrofauna (Hernández-Alcántara, 2002; Dorgham *et al.*, 2014; Gerami *et al.*, 2016). En este sentido, los resultados generados por el presente estudio pueden ser muy útiles para la integración de una línea base faunística que sirva como punto de partida para futuros estudios sobre el monitoreo, planeación y prevención de potenciales impactos ambientales, en una región marina poco estudiada, no solo en lo referente a los poliquetos, sino en general en todos los invertebrados bénticos. Hay que recordar que, en términos generales, el Golfo de México está sometido a la influencia de muchas actividades antrópicas, como la pesca, el turismo, pero sobre todo las relacionadas con la extracción y procesamiento de hidrocarburos, y debido a su hidrología y la dinámica de sus masas de agua, sus costas occidentales son potencialmente susceptibles a ser

afectadas por los accidentes y las alteraciones ambientales que se presentan en otras regiones del golfo, como el ocurrido en el año 2010 por la explosión de la plataforma “Macondo” de *British Petroleum* en las costas de Louisiana (Deepwater Horizon, 2011; Martínez, 2010). En este caso, la empresa responsable del siniestro no cubrió plenamente la reparación del daño en el ambiente, por presuntas faltas de pruebas, estudios y, precisamente, porque se carecía de una línea base de referencia para evaluar las alteraciones ambientales provocadas por este derrame de hidrocarburos, lo que tuvo consecuencias ecológicas, económicas y sociales en esta región de nuestro país (Ocaranza & Janowitz, 2018).

## Conclusiones

-La estructura ambiental fue definida por la temperatura y el porcentaje de arena desde la perspectiva batimétrica, mientras la salinidad diferenció las regiones norte y sur únicamente en la plataforma interna.

- Se identificaron 57 especies, de las cuales, nueve especies son potencialmente nuevas para la ciencia. *Paraprionospio yokoyamai* (215 ind.) y *Paraprionospio treadwelli* (141 ind.) fueron las especies dominantes, representando el 59% de la fauna y se distribuyeron en toda el área de estudio.

- La mayor diversidad se registró en la plataforma interna y media ( $H'=2.1$ ). A nivel regional no se detectaron diferencias significativas entre la fauna del norte y del sur ( $H'=1.9$ ).

- Se definieron dos agrupamientos faunísticos principales asociados básicamente con su distribución batimétrica: *Paraprionospio yokoyamai-Paraprionospio treadwelli*, localizado en la plataforma interna, con una fauna más abundante y diversa ( $\bar{x}= 191.5$  ind./ $0.1\text{m}^2$ ;  $\bar{x}= 9.6$  spp./est.); y el grupo *Paraprionospio yokoyamai* ( $\bar{x}= 67.6$  ind./ $0-1\text{m}^2$ ;  $\bar{x}= 6$  spp./est.), distribuido en las plataformas media y externa, donde *P. yokoyamai* precisamente alcanzó su mayor abundancia.

- La distribución de la fauna no presentó una correlación significativa con las variaciones ambientales ( $R_{\text{HORELATE}}= 0.29$ ,  $p= 0.001$ ), y solo la presencia del grupo *P. yokoyamai-P. treadwelli* en la plataforma interna estuvo asociada con los cambios en temperatura ( $\rho= 0.547$ ).

- A pesar de que en este trabajo solo se analizaron seis familias, la fauna de poliquetos en el oeste del Golfo de México es diversa y es dominada por los espiónidos, que al igual que en otras regiones del golfo, son los poliquetos más abundantes. A pesar de que es necesario realizar más estudios sobre la composición y diversidad de estos invertebrados, que son de los grupos más abundantes y diversos en los fondos blandos, los resultados generados por el presente trabajo son importantes para incrementar el conocimiento sobre su papel ecológico en las comunidades bénticas y sentar las bases para futuros estudios y programas de monitoreo ambiental en esta región marina.

## Referencias

- Aguayo, J., & Trápaga, R. (1996). *Geodinámica de México y minerales del mar*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Alvarado-Cerón, V. (2009). *Composición y estructura de la comunidad de poliquetos (Annelida: Polychaeta) bénticos de la zona sublitoral del oeste del Golfo de México*. Tesis profesional de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas: Instituto Politécnico Nacional.
- Baustian, M., & Rabalais, N. (2009). Seasonal Composition of Benthic Macroinfauna Exposed to Hypoxia in the Northern Gulf of Mexico. *Estuaries and Coasts*, 32 (5), 975-983.
- Bouma AH. (1972). Distribution of sediments and sedimentary structures in the Gulf of Mexico. In: Rezak, R., Henry, V.J. (Eds), *Contribution on the Geological and Geophysical Oceanography of the Gulf of Mexico*. (Vol. III, pp. 35-65). Texas: A & M University Oceanography Studies.
- Briggs, J. (1974). *Marine zoogeography*. New York: McGraw-Hill.
- Briggs, J. C., & Bowen, B. W. (2012). A realignment of marine biogeographic provinces with particular reference to fish distributions. *Journal of Biogeography*, 39, 12-30.
- Briton, J. E., & Morton, B. (1989). *Shore ecology of the Gulf of Mexico*. Austin: University of Texas Press.
- Brusca, R., Moore, W., & Shuster, S. (2002). *Invertebrates* (2nd ed.). Sunderland: Sinauer Associates, Inc.
- Cañete, J., Leighton, G., & Soto, E. (2000). Proposición de un índice de vigilancia ambiental basado en la variabilidad temporal de la abundancia de dos especies de poliquetos bentónicos de bahía Quintero, Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 35(2), 185-194.
- Carrera-Parra, L. (2001). Lumbrineridae (Annelida: Polychaeta) from the Grand Caribbean region with the description of six new species. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 81(4), 599-621.
- Carrera-Parra, L. (2009). Onuphidae. In J. León-González, J. Bastida-Zavala, L. Carrera-Parra, M. García-Garza, A. Peña-Rivera, S. Salazar-Vallejo, V. Solís-Weiss (Eds.), *Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México y América Tropical* (Vol. II). Nuevo León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Clarke, K., & Gorley, R. (2006). *Primer v6: user manual/tutorial*. Plymouth: PRIMER-E.
- Clarke, K., Gorley, R., Somerfield, P., & Warwick, R. (2014). *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation* (3rd ed.). Plymouth: PRIMER-E.
- Contreras, E. F. (1988). *Las Lagunas Costeras Mexicanas* (2a ed.). Distrito Federal: Centro de Ecodesarrollo, Secretaría de Pesca.
- Çinar, M. E., Katagan, T., Öztürk, B., Egemen, O., Ergen, Z., Kocatas, A., Önen, M., Kirkim, F., Bakir, K., Kurt, G., Dagli, E., Kaymakçi, A., Açıık, S., Dogan, A., Özcan, T. (2006). Temporal changes of soft-bottom zoobenthic communities in and around Alsancak Harbor (Izmir Bay, Aegean Sea), with special attention to the autecology of exotic species. *Marine Ecology*, 27(3), 229-246.
- Davis, R. (2017). Sediments of the Gulf of Mexico New York. In H. Ward, *Habitats and biota of the Gulf of Mexico: Before the deepwater horizon oil spill*. (1st ed., pp. 165-209). New York: Springer-Verlag.

- Deepwater Horizon. (2011). Deep Water – The Gulf Oil Disaster and the Future of Offshore Drilling – Report to the President. National Commission on the BP Deepwater Horizon Oil Spill and Offshore Drilling. ISBN: 978-0-16-087371-3.
- De-La-Lanza-Espino, G. (1991). *Oceanografía de mares mexicanos* (1a ed.). Distrito Federal: AGT editores.
- De la Lanza-Espino, G. (2001). *Características físico-químicas de los mares de México*. D.F., México: Instituto de Geografía.
- De la Lanza-Espino, G., & Gómez-Rojas, J. C. (2004). Características físicas y químicas del Golfo de México. In M. Caso, I. Pisanty, E. Ezcurra (Comp.), *Diagnóstico ambiental del Golfo de México* (1a ed., Vol. I, pp. 105-136). Distrito Federal: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- De-León-González, J. (1985). *Eunicidae (Polychaeta) de 10 localidades de las costas mexicanas*. Tesis profesional de la Facultad de Ciencias Biológicas: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- De-León-González, J., Bastida-Zavala, J., Carrera-Parra, L., García-Garza, M., Peña-Rivera, A., Salazar-Vallejo, S., & Solís-Weiss, V. (Eds.). (2009). *Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México y América tropical* (1a ed., Vol. II). Monterrey: Dirección de Publicaciones de la Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Delgado-Blas, V. (2000). Poliquetos errantes de la plataforma continental de Tamaulipas, México. *Revista Peruana De Biología*, 7(1), 16-26.
- Delgado-Blas, V. (2001). Spatial and temporal distribution of benthic Polychaeta from the continental shelf of Tamaulipas, Gulf of Mexico. *Revista de biología tropical*, 49(1), 141-7.
- Delgado-Blas, V. (2004). Two new species of Paraprionospio (Polychaeta:Spionidae) from the Grand Caribbean region and comments of the genus status. *Hidrobiología*, 520, 189-198.
- Delgado-Blas, V. (2015). Prionospio (Polychaeta, Spionidae) from the Grand Caribbean Region, with the descriptions of five new species and a key to species recorded in the area. *Zootaxa*, 3905(1), 69-90.
- Delgado-Blas, V., & Carrera-Parra, L. (2018). New phylogenetic analysis of Paraprionospio Caullery (Polychaeta: Spionidae), with description of a new species from the Gulf of Mexico. *Zoological Studies*, 57(52), 1-20.
- Delgado-Blas, V., & Salazar-Silva, P. (2011). Taxonomic catalogue of the Spionidae (Annelida: Polychaeta) of the Grand Caribbean. *Zootaxa*, 2782, 39-77.
- Del-Pilar-Ruso, Y., De-la-Ossa-Carretero, J., Loya-Fernández, A., Ferrero-Vicente, L., Giménez-Casalduero, F., & Sánchez-Lizaso, J. (2009). Assessment of soft-bottom Polychaeta assemblage affected by a spatial confluence of impacts: Sewage and brine discharges. *Marine Pollution Bulletin*, 58(5), 776-782.
- Dexter, D. (1976). The sandy-beach fauna of Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 20(4), 479-485.
- Dikaeva, D., & Frolova, E. (2018). Distribution of Polychaeta Communities in the West Spitsbergen Area in Winter (December 2015). *Doklady Biological Sciences*, 480(1), 114-118.
- Domínguez-Castanedo, N., Granados-Barba, A., & Solís-Weiss, V. (2015). La macrofauna de fondos blandos de la laguna arrecifal de Sacrificios, SO del Golfo de México. *Hidrobiológica*, 25(1), 107-119.

- Domínguez-Castanedo, N., Hernández-Alcántara, P., Solís-Weiss, V. & Granados-Barba, A. (2012). Distribution of polychaete feeding guilds in sedimentary environments of the Campeche Bank, Southern Gulf of Mexico. *Helgoland Marine Research*, 66, 469–478.
- Domínguez-Castanedo, N., Rojas-López, R., Solís-Weiss, V., Hernández-Alcántara, P., & Granados-Barba, A. (2007). The use of higher taxa to assess the benthic conditions in the southern Gulf of Mexico. *Marine Ecology*, 28, 161-168.
- Dorgham, M., Hamdy, R., El Rashidy, H., Atta, M., & Musco, L. (2014). Distribution patterns of shallow water polychaetes (Annelida) along the Alexandria coast, Egypt (eastern Mediterranean). *Mediterranean Marine Science*, 15(3), 635-649.
- Ehlers, E. (1901). Die Polychaeten des magellanischen und chilenischen Strandes. Ein faunistischer Versuch. In *Festschrift zur Feier des Hundertfünfzigjährigen Bestehens des Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Abhandlungen der Mathematisch-Physikalischen Klasse* (pp. 1-29). Berlin: Weidmannsche Buchhandlung.
- Fauchald, K. (1977). *The Polychaete Worms. Definitions and keys to the orders, families and genera* (Vol. 28). Los Angeles: Natural History Museum of Los Angeles County. Science Series.
- Fauchald, K., & Rouse, G. (1997). Polychaete systematics: past and present. *Zoologica Scripta*, 26(2), 71-138.
- Flint, R. W., & Rabalais, N. N. (1980). Polychaete Ecology and Niche Patterns: Texas Continental Shelf. *Marine Ecology Progress Series*, 3(3), 193-202.
- Folk, R. L. (1974). *Petrología de rocas sedimentarias*. Austin: Hemphill Publisher.
- Franco-Piña, A. (2000). *Caracterización sedimentológica de la plataforma continental de los estados de Tamaulipas y Veracruz, México*. Tesis Profesional de la Facultad de Ingeniería: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gerami, M., Patimar, R., Negarestan, H., Jafarian, H., & Mortazavi, M. (2016). Temporal variability in macroinvertebrates diversity patterns and their relation with environmental factors. *Biodiversitas, Journal Of Biological Diversity*, 17(1), 31-35.
- Glasby, C. J., Hutchings, P. A., Fauchald, K., Paxton, H., Rouse, G. W., Watson-Rusell, C., & S., W. R. (2000). Class Polychaeta. In P. Beesley, G. Ross, & C. Glasby (Eds.), *Polychaetes and Allies: The Southern Synthesis. Fauna of Australia* (Vol. IVA, pp. 1-296). Melbourne: CSIRO Publishing.
- Glasby, C., Timm, T., Muir, A., & Gil, J. (2009). Catalogue of non-marine Polychaeta (Annelida) of the World. *Zootaxa*, 2070(1), 1–52.
- Gobierno de Tamaulipas. (2017). *Recursos Naturales*. Retrieved, from Gobierno de Tamaulipas: <https://www.tamaulipas.gob.mx/estado/recursos-naturales/>
- Härdle, W., & Simar, L. (2015). *Principal Components Analysis. In: Applied Multivariate Statistical Analysis*. Heidelberg: Springer.
- Harris, L., De-León-González, J., & Salazar-Vallejo, S. (2009). Morfología, métodos, clave para familias y clasificación. In J. De León-González, J. Bastida-Zavala, L. Carrera-Parra, M. García-Garza, A. Peña-Rivera, S. Salazar-Vallejo, & V. Solís-Weiss (Eds.), *Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México y América Tropical* (pp. 3-32). Monterrey: Dirección de Publicaciones de la Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Hartman, O. (1951). The littoral marine annelids of the Gulf of Mexico. *Publication of the Texas University, Institute of Marine Sciences*, 2 (1), 7-124.

- Hartman, O. (1954). Australian Nereidae. Including descriptions of three new species and one genus, together with summaries of previous records and keys to species. *Transactions of the Royal Society of South Australia.*, 77, 1-41.
- Hawksworth, D., & Kalin-Arroyo, M. (1995). Magnitude and distribution of biodiversity. In V. Heywood (Ed.), *Global biodiversity assessment* (pp. 107–191). New York: Cambridge University Press.
- Hernández-Alcántara, P. (2002). *Composición y estructura de las comunidades de poliquetos (Annelida: Polychaeta) bénticos de la plataforma continental del Golfo de California*. Tesis de doctorado de la Facultad de Ciencias: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Hernández-Alcántara, P., & Solís-Weiss, V. (2005). Seasonal variations of the Spionida (Palpata: Canalipalpata) in the sublittoral zone of the Gulf of California. *Marine Ecology*, 26, 273-285.
- Hernández-Alcántara, P., Cruz-Pérez, I., & Solís-Weiss, V. (2019). Composition and diversity patterns of Eunicida and Amphinomida (Annelida) associated to dead coral in the Chinchorro Bank Biosphere Reserve, Caribbean Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 99(7), 1-9.
- Hernández-Alcántara, P., González-Ortíz, L., & Solís-Weiss, V. (1994). Los espionidos (Polychaeta: Spionidae) del Golfo de California y Golfo de Tehuantepec, México. *Revista de biología tropical*, 42(3), 567-577.
- Hernández-Alcántara, P., Tovar-Hernández, M., & Solís-Weiss, V. (2008). Polychaetes (Annelida: Polychaeta) described for the Mexican Pacific: an historical review and an updated checklist. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 36(1), 37-61.
- Hernández-Arana, H., & Ameneiro-Ángeles, B. (2011). Benthic biodiversity changes due to the opening of an artificial channel in a tropical coastal lagoon (Mexican Caribbean). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 91(5), 969-978.
- Huong, N., Duc, P., & Mien, P. (2017). Changes of Benthic Macroinvertebrates in Thi Vai River and Cai Mep Estuaries Under Polluted Conditions with Industrial Wastewater. *Geoscience Engineering*, 63 (2), 19-25.
- INEGI. (1983). *Síntesis geográfica del Estado de Tamaulipas* (1a ed.). Distrito Federal: Secretaría de Programación y Presupuesto.
- Jackson, M. L. (1958). *Soil Chemical Analysis*. Nueva Jersey: Prentice Hall Pub. Englewood Cliffs.
- Jasso-Montoya, J. (2012). *Variación de los parámetros oceanográficos alrededor del Arrecife Verde en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (Golfo de México Occidental)*. Tesis de Maestría del Instituto de Ciencias Marinas y Pesqueras: Universidad Veracruzana.
- Jolliffe, I. (2007). *Principal component analysis* (1 ed.). New York: Springer.
- Jumars, J., Dorgan, K., & Lindsay, S. (2015). Diet of Worms Emended: An Update of Polychaete Feeding Guilds. *Annual Review of Marine Science*, 7(1), 497-520.
- Levin, L., Gage, J., Martin, C., & Lamont, P. (2000). Macrobenthic community structure within and beneath the oxygen minimum zone, NW Arabian Sea. *Deep-Sea Research, II*, (47), 189–226.
- Lu, L. (2005). The relationship between soft-bottom macrobenthic communities and environmental variables in Singaporean waters. *Marine Pollution Bulletin*, 51(8-12), 1034–1040.
- Lugo-Hubp, J. (1985). Morfoestructura del fondo oceánico mexicano. *Boletín del Instituto de Geografía*(15), 9-39.

- Mackie, A., Parmiter, C., & Tong, L. (1997). Distribution and diversity of Polychaeta in the southern Irish Sea. *Bulletin of Marine Science*, 60(2), 467-481.
- Martínez, E. (2010). *CASE: British Petroleum Oil Spill in the Gulf of Mexico*. Retrieved from The Rights of Nature: <https://therightsofnature.org/wp-content/uploads/BP-Tribunal-Text.pdf>
- Martins, R., Sampaio, L., Rodrigues, A., & Quintino, V. (2013). Soft-bottom Portuguese continental shelf polychaetes: Diversity and distribution. *Journal of Marine Systems*, 123-124, 41-54.
- Maul, G. (1977). The annual cycle of the Gulf Loop Current, Part I: Observations during a one-year time series. *Journal of Marine Research*, 35, 29-47.
- Méndez-Ubach, M. (1983). *Relaciones entre fauna y sediment en 29 playas arenosas del Golfo de México*. Tesis Profesional de la Facultad de Ciencias: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Miranda-Salinas, A., García-Garza, M., & De-León-González, J. (2016). Registros nuevos de poliquetos (Annelida) de la zona costera de isla del Carmen, Campeche, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(4), 1212-1224.
- Miranda-Vázquez, L. (1993). *Estudio de las comunidades de poliquetos (Annelida: Polychaeta) de la plataforma continental externa del sur del Golfo de México*. Tesis profesional de la Facultad de Ciencias: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Monreal-Gómez, M., Salas-De León, D., & García-Gasca, A. (2004). Golfo de Mexico circulación y productividad. *Ciencias*, 76, 24-33.
- Moore, J. (1923). The polychaetous annelids dredged by the U.S.S. "Albatross" off the coast of southern California in 1904. IV. Spionidae to Sabellariidae. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 75, 179-259.
- Morales-de-la-Garza, E., & Carranza-Edwards, A. (1995). Sedimentos fosfatados en el Golfo de Tehuantepec. *Hidrobiológica*, 5((1-2)), 25-36.
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad* (Vol. I). Zaragoza: M&T-Manuales y Tesis SEA.
- Mortimer, K. (2010). Magelonidae (Polychaeta) from the Arabian Peninsula: a review of known species, with notes on Magelona tinae from Thailand. *Zootaxa*, 2628, 1-26.
- Mortimer, K. (2019). Magelonidae Cunningham & Ramage, 1888. In W. Westheide, G. Purschke, & M. Böggemann, *Handbook of Zoology*. De Gruyter.
- Musale, A., & Desai, D. (2011). Distribution and abundance of macrobenthic polychaetes along the South Indian coast. *Environmental Monitoring and Assessment*, 178, 423-436.
- Nowlin, W., & McLellan, H. (1967). A characterization of the Gulf of Mexico waters in winter. *Journal of Marine Research*, 25, 29-59.
- Ocaranza, C., & Janowitz, N. (2018). *Gobierno y BP olvidan a pescadores en su acuerdo sobre el derrame*. Retrieved, from Poder: <https://poderlatam.org/2018/09/petroleo-en-el-golfo/>
- Ortiz-Lozano, L., Arceo-Briseño, P., Granados-Barba, A., Salas-Monreal, D., & Jiménez Badillo, M. (2010). Zona Costera. In G. d. Veracruz (Ed.), *Atlas del Patrimonio Natural, Histórico y Cultural* (1 ed., pp. 125-146). Veracruz: Universidad Veracruzana.
- Ortiz-Pérez, M. (2006). Características físicas de las costas: base para su regionalización. El caso de la costa veracruzana. In P. Moreno-Casasola, E. Pérez-Barbosa, & A. C. Travieso-Bello (Eds.), *Estrategias para el manejo integral de la zona costera: un enfoque municipal* (Vol. I, pp. 81-96). Xalapa, Veracruz, México. : Instituto de Ecología y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Semarnat/Gobierno del Estado de Veracruz,.

- Pamungkas, J., Glasby, C., Read, G., Wilson, S., & Costello, M. (2019). Progress and perspectives in the discovery of polychaete worms (Annelida) of the World. *Helgoland Marine Research*, 73(4), 1-10.
- Pettibone, M. (1956). Some polychaete worms of the families Hesionidae, Syllidae, and Nereidae from the east coast of North America, West Indies, and Gulf of Mexico. *Journal of the Washington Academy of Sciences*, 46(9), 14.
- Pica-Granados, Y., Ponce-Vélez, M. G., & Barrón-Echaury, M. E. (1991). Oceanografía de Mares Mexicanos. In G. (. De-La-Lanza-Espino, *Oceanografía geológica del Golfo de México y Mar Caribe Mexicano*. México, D.F.: AGT Editor.
- Prado-Navarro, A., Díaz-Castañeda, V., Leija-Tristán, A., & De-León-González, J. A. (2016). Composición y estructura de las comunidades de poliquetos (Annelida) asociadas a fondos blandos de la costa occidental de la península de Baja California, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(1), 74-85.
- Rehitha, T., Madhu, N., Vineetha, G., Vipindas, P., Resmi, P., & Revichandran, C. (2019). Spatio-temporal variability in macrobenthic communities and trophic structure of a tropical estuary and its adjacent coastal waters. *Environmental Monitoring And Assessment*, 191(6), 2-18.
- Rodríguez-Villanueva, L. (1993). *Los poliquetos (Annelida : Polychaeta) de la plataforma interna del sur del Golfo de México : abundancia, distribución y diversidad*. Tesis profesional de la Facultad de Ciencias: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rouse, G. (2000). Classification of the Annelida and Polychaeta. In P. Bessley, G. Ross, & C. Glasby (Eds.), *Polychaetes & Allies: The Southern Synthesis. Fauna of Australia. Polychaeta, Myzostomida, Pogonophora, Echiura, Sipuncula* (Vol. IVA , pp. 51-52). CSIRO Publishing.
- Salazar-Vallejo, S. (1981). *La colección de poliquetos (Annelida: Polychaeta) de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México*. Tesis Profesional de la Facultad de Ciencias Biológicas: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Salazar-Vallejo, S. (1989). *Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México*. La Paz: Libros Universitarios, UABCS.
- Salazar Vallejo, S. (2000). Biogeografía marina del gran caribe . *Interciencia*, 25(1), 7-12.
- Secretaría de Comunicaciones y Transporte. (2008). *Programa rector del desarrollo litoral del estado de Veracruz de Ignacio de la Llave*. Veracruz: SCT.
- Silva, G., & Campos, J. (1986). *Facies sedimentarias en la porción de plataforma continental entre Tampico, Tamps. y Veracruz Ver.* México: Secretaria de Marina. Dirección General de Oceanografía Naval. Geología Marina.
- Snelgrove, P. (1998). Biodiversity & Conservation. *The biodiversity of macrofaunal organisms in marine sediments*, 7(9), 1123–1132.
- Solís Weiss, V. (1998). *Atlas de anélidos poliquetos de la plataforma continental del Golfo de México*. Distrito Federal: Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. P052.
- Solís-Weiss, V., Hernández-Alcántara, P., & Granados-Barba, A. (2014). Los anélidos poliquetos del mar profundo en México. In A. Low Pfeng, & E. Peters Recagno, *La frontera final: el mar profundo* (1a ed., pp. 175-214). Distrito Federal: SEMARNAT-INECC.
- Solís-Weiss, V., Rodríguez-Villanueva, V., Granados-Barba, L., Ochoa Rivera, A., Miranda-Vázquez, L., & Hernández-Alcántara, P. (1994). Annelid polychaete populations of the

- Order Eunicida from the southern Gulf of Mexico. *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle*, 162, 559-566.
- Solís-Weiss, V., Rodríguez-Villanueva, L., Granados-Barba, A., Ochoa-Rivera, V., Miranda-Vázquez, L., & Hernández-Alcántara, P. (1995). The Lumbrineridae of the continental shelf in the Mexican portion of the Gulf of Mexico. *Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut*, 92, 61-75.
- Soto-Esparza, M., & Geissert, D. (2011). Geografía. In A. Cruz-Angón, *La biodiversidad en Veracruz: estudio de estado* (pp. 35-52). México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología A.C.
- Tovar-Hernández, M. (2009). Sabellidae Latreille, 1825. In J. De León-González, J. Bastida-Zavala, L. F.-G.-R. Carrera-Parra, S. Salazar-Vallejo, & V. Solís-Weiss (Eds.), *Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México y América Tropical* (pp. 489-520). Monterrey: Dirección de Publicaciones de la Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Tovar-Hernández, M., Salazar-Silva, P., De-León-González, A., Carrera-Parra, L., & Salazar-Vallejo, S. (2013). Biodiversidad de Polychaeta (Annelida) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad, Suplementario*, 85, S190-S196.
- Uebelacker, J., & Johnson, P. (Eds.). (1984). *Taxonomic guide to the Polychaetes of the Northern Gulf of Mexico* (Vol. II). Alabama: Final Report to the Minerals Management Service, contract 14-12-001-2909 1. Barry A. Vittor & Assoc., Inc., Mobile, Alabama.
- Vermeij, G. J. (1978). *Biogeography and Adaptation: Patterns of Marine Life*. Harvard University Press.
- Vidal, M., Vidal, F., & Hernández, A. (1990). *Atlas Oceanográfico del Golfo de México* (Vol. II). Cuernavaca: Instituto de Investigaciones eléctricas. Grupo de Estudios Oceanográficos.
- Vidal, V., Vidal, F., & Hernández, A. F. (1994). *Atlas Oceanográfico del Golfo de México* (Vol. II). Cuernavaca: Instituto de Investigaciones Eléctricas.
- Viéitez, J., Alós, C., Parapar, J., Besteiro, C., Moreira, J., Núñez, J., Laborda, J., San Martín, G. (2004). Annelida: Polychaeta I. In M. e. Ramos (Ed.), *Fauna Ibérica* (Vol. XXV, pp. 105-209). Madrid: Museo Nacional de Ciencias Naturales-CSIC.
- Wilkinson, T., Wiken, E., Bezaury Creel, J., Hourigan, T., Agardy, T., Herrmann, H., Janishevski, L., Madden, C., Morgan, L., & Padilla, M. (2009). *Ecorregiones marinas de América del Norte*. Montreal: Comisión para la Cooperación Ambiental.
- Yokoyama, H. (2007). A revision of the genus *Paraprionospio* Caullery (Polychaeta: Spionidae). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 151(2), 253–284.
- Zavala-Hidalgo, J., & Fernández-Eguiarte, A. (2006). Propuesta para la regionalización de los mares mexicanos desde el punto de vista de los procesos físicos: el caso del Golfo de México. In A. Córdova-y-Vázquez, F. Rosete-Verges, G. Enríquez-Hernández, & B. (. Fernández-de-la-Torre, *Ordenamiento ecológico marino: visión temática de la regionalización* (pp. 21-32). Ciudad de México: Delmo Publicaciones.
- Zavala-Hidalgo, J., Morey, S. L., & O'Brien, J. J. (2003). Seasonal circulation on the western shelf of the Gulf of Mexico using a high-resolution numerical model. *Journal of Geophysical Research*, 108(C12), 3389.