



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA**

**VARIACIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL DE LOS ANÉLIDOS  
POLIQUETOS DEL CLADO ACICULATA DE LA PLATAFORMA  
CONTINENTAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO**

# **TESIS**

que para optar por el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS**

presenta

**BIOL. DIANA LETICIA SALCEDO OROPEZA**

Tutor principal

**Dra. Vivianne Solís-Weiss (ICMyL)**

Comité tutorial

**Dr. Luis A. Soto González (ICMyL)**

**Dra. Ma. Nuria Méndez Ubach (ICMyL)**

**Dr. Antonio Z. Márquez García (UAM)**

**Dr. Alejandro Granados Barba (UV)**

**Dr. Pablo Hernández Alcántara (ICMyL)**

**México, D.F., Mayo de 2013.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a la Dra. Vivianne Solís-Weiss, directora de esta tesis, por el apoyo que me ha brindado durante todo este tiempo, por sus acertados consejos y por depositar su confianza en mí para llevar a cabo diversas actividades académicas que han enriquecido notablemente mi formación profesional. Asimismo, por permitirme ser parte de su grupo de trabajo, por darme un espacio y todas las facilidades para la realización de este trabajo.

Al Dr. Pablo Hernández Alcántara, por su asesoría continua con diversos temas, por su motivación constante para la adquisición de nuevos conocimientos y su cabal comprensión, por mostrar interés en mi trabajo y en mi formación profesional. Por su apoyo, sus ánimos y sus acertados consejos, por su paciencia y comprensión en el proceso de elaboración de este trabajo.

Al Dr. Edlin Guerra Castro, por su ayuda con el tratamiento estadístico de los datos de este trabajo, por haberme enseñado a aplicar diversas técnicas estadísticas y por enriquecer la versión final de este manuscrito, así como por sus atenciones durante mi estancia en Venezuela.

Al Dr. Luis A. Soto, por su apoyo durante la realización de este trabajo, por sus acertados consejos y sugerencias para el mejoramiento de este manuscrito.

A la Dra. Nuria Méndez, por su apoyo durante la realización de este trabajo, por sus valiosos consejos y recomendaciones y por las amenas discusiones que se fueron suscitando a lo largo de este tiempo.

Al Dr. Alejandro Granados, por su apoyo durante la realización de este trabajo, por su preocupación para que se llevara a cabo de manera adecuada, por sus acertados consejos y sugerencias, por sus opiniones y amenas discusiones que enriquecieron este escrito.

Al Dr. Antonio Márquez por su apoyo para la culminación exitosa de este trabajo, por aportar originales contribuciones y sugerencias para mejorar este manuscrito.

A mis amigos y compañeros del Laboratorio de Ecología y Biodiversidad de Invertebrados Marinos, que enriquecieron este trabajo con interesantes discusiones e hicieron más ameno y divertido este proceso: Rick, Naye, Adri, Mariana, Kari, Paco, Isma y Maggy.

A Rocío y Ariel por su ayuda con la orientación del uso del programa Surfer. A Miguel Díaz y Alejandro Estradas por su ayuda con la obtención de los mapas base y el uso del programa Ocean Data View.

A mis amigos del ICMyL, que he conocido a lo largo de mi estancia en este instituto, por su apoyo, amistad y por su disposición para darme ánimos y hacerme sonreír hasta en los momentos más difíciles: Hisol, María, Didi, San, Leo, Paty y Sam. Por esos buenos momentos que hemos pasado juntos y gracias a los cuales este proceso ha sido más ameno y sencillo.

A mi madre, por su apoyo incondicional en todo momento, por escucharme y darme ánimos todo el tiempo (sobre todo durante mi estancia en el extranjero, sin lo cual no sé cómo lo hubiera logrado), por respetar y apoyar mis decisiones y por sus acertados consejos, por ayudarme a salir adelante y principalmente por su amor.

A mi familia: mi padre, mis herman@s y mis sobrin@s, por su apoyo y comprensión durante la realización de este trabajo.

A la Dra. Gloria Vilaclara, coordinadora del Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, por las facilidades otorgadas para culminar este ciclo de manera exitosa y para realizar diversas actividades académicas que enriquecieron notablemente este trabajo y mi formación profesional.

A Diana, Gaby, Lupita y Chantal por su amabilidad y disposición para ayudar y resolver dudas, por su orientación y apoyo con la realización de diversos trámites.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada durante el transcurso de mis estudios de maestría.

# CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	3
<b>ANTECEDENTES</b> .....	7
<b>HIPÓTESIS</b> .....	8
<b>OBJETIVOS</b> .....	8
<b>ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	8
Generalidades .....	8
Topografía .....	9
Variaciones estacionales .....	12
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	15
Recolección del material biológico .....	15
Análisis de datos.....	17
1. Análisis de varianza PERMANOVA .....	17
1.1. Diseño experimental .....	18
2. Caracterización y variaciones ambientales.....	19
3. Descripción de las comunidades de poliquetos .....	20
4. Variaciones espaciales y temporales en la composición de especies .....	20
5. Dominancia específica .....	21
6. Índices de diversidad .....	21
6.1. Índice de diversidad de Shannon-Wiener .....	22
6.2. Índice de equidad de Pielou.....	22
6.3. Índice de distinción taxonómica .....	23
6.4. Variaciones espaciales y temporales en los índices de diversidad .....	23
7. Relaciones fauna-ambiente.....	24
6. Suficiencia taxonómica .....	24
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	26
1. Caracterización del ambiente .....	26
1.1. Profundidad .....	27
1.2. Temperatura.....	28
1.3. Salinidad.....	30
1.4. Oxígeno disuelto.....	32
1.5. Porcentaje de materia orgánica.....	34
1.6. Porcentaje de arena.....	37
1.7. Variaciones ambientales.....	39
2. Descripción de las comunidades de poliquetos.....	40
3. Variaciones espaciales y temporales en la composición de especies.....	48
4. Dominancia específica .....	52
5. Índices de diversidad.....	56
5.1. Índice de diversidad de Shannon-Wiener.....	57
5.2. Índice de equidad de Pielou.....	58
5.3. Índice de distinción taxonómica.....	60
6. Relaciones fauna-ambiente .....	61
7. Suficiencia taxonómica .....	64
<b>CONCLUSIONES</b> .....	66
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	68
<b>ANEXOS</b> .....	82

## RESUMEN

El Golfo de California es una cuenca estrecha y alargada localizada al noreste del Océano Pacífico. Es un sistema topográficamente muy heterogéneo y altamente dinámico. Pocos estudios sobre patrones de distribución de invertebrados bentónicos se han llevado a cabo en el golfo, por lo que el objetivo de este trabajo fue analizar el efecto de la heterogeneidad espacial y la variabilidad estacional sobre la composición de los poliquetos del clado Aciculata en la plataforma continental.

Las muestras biológicas se recolectaron en 35 estaciones sobre la plataforma continental durante dos temporadas climáticas: invierno-primavera y verano-otoño. Adicionalmente se midieron profundidad, temperatura, salinidad, concentración de oxígeno disuelto, porcentaje de materia orgánica y porcentaje de arena. Para el análisis faunístico se examinó la composición de especies y se evaluó la abundancia, riqueza específica, dominancia, diversidad de Shannon, equidad de Pielou y distinción taxonómica. El efecto de la heterogeneidad espacial y temporal sobre las variables ambientales y bióticas se analizó a través de un análisis de varianza PERMANOVA. El efecto de la variabilidad ambiental sobre los patrones faunísticos se evaluó a través de la rutina BIO-ENV. Para analizar si la aplicación del principio de suficiencia taxonómica es conveniente para el estudio de estos organismos se realizó un análisis 2-STAGE.

Las variables ambientales presentaron diferencias temporales significativas, sin embargo, no fue detectado un patrón de variación espacial claro. La temperatura, el oxígeno disuelto y la salinidad en verano-otoño presentaron un gradiente batimétrico. Una de las variables determinantes de los patrones espaciales entre las estaciones de muestreo fue la concentración de oxígeno disuelto.

En invierno-primavera se identificaron 2884 poliquetos pertenecientes a 119 especies, mientras que en verano-otoño se registraron 3134 organismos pertenecientes a 136 especies. El incremento de ambos valores en verano-otoño está relacionado con el flujo entrante de agua proveniente del Océano Pacífico durante el verano, que permite el establecimiento de especies con afinidades tropicales y subtropicales. La abundancia y la riqueza específica sólo presentaron diferencias batimétricas significativas, mostrando un descenso en sus valores con un aumento en la profundidad. En la composición de especies se observaron diferencias temporales importantes, debido principalmente al recambio de especies que existe de una temporada a otra (sólo el 35% de las especies identificadas se registró en ambas temporadas). La composición de especies también presentó diferencias batimétricas significativas en ambas temporadas. En verano-otoño también se observaron diferencias latitudinales y entre ambas costas del golfo, pero no se pudo detectar ningún patrón claro, lo cual indica que probablemente durante esta temporada las condiciones son más heterogéneas. Los patrones detectados se vieron reflejados en la dominancia, ya que en zonas someras se detectó una especie claramente dominante: *Aglaophamus verrilli*. El índice de diversidad de Shannon y el de equidad de Pielou no mostraron diferencias temporales significativas, el segundo sólo mostró diferencias batimétricas, provocadas por la dominancia de *A. verrilli* en zonas someras. El índice de distinción taxonómica sí mostró diferencias temporales y latitudinales significativas, determinando cambios en la composición de especies de una temporada a otra.

En invierno-primavera, ningún conjunto de variables permitió explicar los patrones faunísticos observados. En verano-otoño, la combinación de variables que mejor explicó las variaciones bióticas incluyó a la temperatura, la salinidad y el porcentaje de arena. Aparentemente, el aumento de temperatura, un mayor intervalo en los valores de salinidad y el tamaño de grano propician la existencia de condiciones más adecuadas para el establecimiento de una mayor diversidad de especies

que no se registraron en invierno-primavera. Se observó que al tratar los datos a niveles de género y familia se pierde información relacionada con los patrones faunísticos multivariados por lo que lo recomendable es hacer la identificación hasta nivel taxonómico de especie.

## INTRODUCCIÓN

La clase Polychaeta constituye el taxón más numeroso y diverso dentro del filo Annelida. El primer poliqueto fue descrito formalmente por Linneo en 1758 y desde entonces se han hecho numerosas descripciones. La cifra actual de especies es incierta y muy variable, si consideramos que Minelli (1993) calculó 10,000, Blake (1994) más de 16,000 y algunas más aventuradas han planteado que existen entre 25,000 y 30,000 (Snelgrove *et al.* 1997). Sin embargo, en Rouse y Pleijel (2001), que es el trabajo monográfico global más reciente sobre el grupo, se estima que existen alrededor de 9,000 especies, clasificadas en más de 80 familias (Struck *et al.* 2007). La relación entre especies descritas y no descritas puede variar de acuerdo al hábitat, a la región geográfica (Hutchings 1998) y a factores como el esfuerzo de muestreo y la cantidad de autores dedicados al estudio de estos organismos.

Los poliquetos son invertebrados vermiformes y metaméricos, es decir, tienen el cuerpo dividido en metámeros o segmentos similares arreglados en una serie lineal a lo largo del eje antero-posterior (Blake 1994). Están formados por dos regiones presegmentales (el prostomio y el peristomio), un tronco segmentado (metastomio) y una región postsegmental (pigidio). Los órganos nucleares, un par de estructuras quimiorreceptoras situadas en el margen postero-lateral del prostomio, constituyen aparentemente la única sinapomorfía que los distingue de otros anélidos (Rouse y Fauchald 1997).

Inicialmente, el estudio científico de los poliquetos pasó por una fase básica descriptiva, pero con el tiempo se fue acumulando suficiente conocimiento sobre este grupo, de manera que actualmente algunos autores se enfocan en el estudio de ciertas familias en particular. El estudio monográfico detallado, la descripción y la designación de nuevas especies, con énfasis en la morfología externa, continuó hasta finales del siglo XIX y, desde principios del mismo, se hicieron varios intentos de clasificación del grupo (Cuvier 1812, 1816; Lamarck 1818; Audouin y Milne-Edwards 1834; Grube 1850; de Quatrefages 1866; Ehlers 1864; Hartmann-Schröder 1971; Fauchald 1977; Dales 1962, 1963, 1977). Sin embargo, el agrupamiento de las especies en dichas clasificaciones, basado principalmente en la morfología externa, las hace actualmente inoperables. El incremento en el conocimiento de la morfología, diversidad, fisiología y comportamiento de los poliquetos, así como el desarrollo de nuevas técnicas y herramientas para su estudio y sistematización, ha permitido el establecimiento de nuevos esquemas de clasificación.

Los poliquetos han sido clasificados en aproximadamente 80 familias, generalmente consideradas como monofiléticas (McHugh 2005; Struck *et al.* 2007). Hasta ahora, el esquema propuesto por Rouse y Fauchald (1997) representa la hipótesis taxonómica más objetiva e inclusiva sobre las relaciones entre poliquetos, por lo cual fue utilizado en este estudio. Basado en análisis cladísticos morfológicos, propone que “Polychaeta” es un grupo constituido por dos grandes clados: Scolecida y Palpata, éste último dividido en Canalipalpata y Aciculata. El nombre de este último hace referencia a una de las apomorfías del grupo: la presencia de acículas (setas gruesas que generalmente permanecen completamente embebidas en los parapodios). Otras características, como la presencia de palpos ventrales sensoriales, antenas prostomiales, cirros dorsales, cirros ventrales y un par de cirros pigidiales fueron propuestas como apomorfías (Rouse y Fauchald 1997).

La monofilia de Scolecida, Palpata y Canalipalpata ha sido cuestionada por autores que consideran que el uso exclusivo de morfología hace improbable la resolución de las relaciones entre los anélidos (Struck *et al.* 2007). Por otro lado, Bleidorn (2009), a través de análisis moleculares, obtuvo un grupo que incluye a todas las familias del clado Aciculata y a la familia Orbiniidae (aunque no está fuertemente soportado). De manera similar, en el análisis de Struck *et al.* (2007), el clado Aciculata fue



el menos problemático de los taxones de Rouse y Fauchald (1997), aunque se excluyeron dos familias y se incluyó a *Orbiniia*. Por otro lado, análisis multigenes recientes demuestran que los taxones Eunicida y Phyllodocida se conservan, aunque separados dentro del árbol resultante (Colgan *et al.* 2006). Al parecer, las setas de soporte de los orbínidos pueden ser homólogas con las acículas de los Aciculata (Hausen 2005), por lo que Struck *et al.* (2007) sugieren la conservación de Eunicida/Phyllodocida incluyendo a Orbiniidae.

Según diversos esquemas, el clado Aciculata es uno de los más conservados y es el más fuertemente soportado en la clasificación de Rouse y Fauchald (1997). Tomando en cuenta lo anterior y debido a que dicho grupo contiene alrededor de la mitad de las especies de poliquetos conocidas, y principalmente porque no existe información precisa sobre su distribución y biología en el Golfo de California, se eligió como objeto de estudio para este trabajo.

Frecuentemente, los poliquetos representan el componente dominante de la macrofauna en términos de número de especies e individuos (Grassle y Maciolek 1992). Constituyen un grupo muy diverso y ampliamente distribuido (Fauchald 1977), la mayoría vive en ambientes marinos y están bien representados en todos los ambientes bentónicos (lodos estuarinos y de mar profundo, arenas, arrecifes coralinos y rocosos, etc.) (Glasby *et al.* 2000). En comunidades bentónicas de la plataforma continental y del talud, los poliquetos representan el componente dominante de los ensamblajes de invertebrados y típicamente constituyen entre el 45 y 50% del número total de especies presentes y hasta el 80% del número total de individuos (Blake 1994).

Los poliquetos representan un papel muy importante en el funcionamiento de las comunidades bentónicas (Hutchings 1998). Algunas especies con hábitos excavadores son importantes para oxigenar los sedimentos moviendo la capa superficial de agua oxigenada hacia huecos que están en capas más profundas. También se ha observado que los tubos de algunos poliquetos pueden ser capaces de estabilizar los sedimentos. Algunas especies perforan sustratos duros y eventualmente contribuyen a la producción de arena (Blake 1994).

La importancia de este grupo no radica únicamente en que constituyen el taxón numéricamente dominante, sino en la diversidad de hábitos alimenticios que pueden presentar estos organismos (Giangrande *et al.* 2005). Se ha observado que los patrones de distribución de los grupos tróficos son sensibles a diversos factores como perturbaciones ambientales, disponibilidad de alimento, tipo de sedimento y condiciones hidrodinámicas (Sanders 1958; Levinton 1972; Probert 1984; Gaston 1987; Domínguez-Castanedo *et al.* 2012).

Los poliquetos han sido utilizados como material biológico en bioensayos ecotoxicológicos (Reish 1998) y como indicadores de bioacumulación, del estado de salud de los sedimentos o de contaminación a través del análisis de variables comunitarias. Constituyen uno de los mejores taxones indicadores, ya que incluyen tanto especies sensibles como especies tolerantes. La presencia o ausencia de algunas especies provee un mecanismo para determinar el estado de salud de las comunidades bentónicas (Pocklington y Wells 1992; Cañete 1999). Los poliquetos usualmente viven dentro de los sedimentos o fijados a superficies duras, lo que les confiere una movilidad relativa que asegura una exposición crónica a cualquier material tóxico presente en el ambiente (Dean 2008), por lo que cualquier cambio a corto, mediano o largo plazo en el bienestar del bentos puede ser reflejado en las comunidades de poliquetos (Papageorgiou *et al.* 2006).

Debido a lo anterior, se ha demostrado la validez de los poliquetos como único grupo representativo de la macrofauna bentónica, al menos en cuanto a abundancia y riqueza se refiere. Estos organismos han sido exitosamente utilizados en diversos estudios de ecología bentónica para reflejar el comportamiento y los cambios que experimentan las comunidades bentónicas en general (Garmendia y Mora 2007).

La mayoría de familias de poliquetos se encuentran en todos los mares y océanos del mundo, y muchos géneros tienen amplias distribuciones; sin embargo, a nivel de especie, se pueden observar patrones de distribución discretos. Muchos factores determinan los patrones de distribución y la estructura de las comunidades de poliquetos, incluyendo la composición del sedimento y su contenido de materia orgánica, la profundidad, los regímenes de salinidad, la temperatura, perturbaciones históricas y la disponibilidad de alimento. Algunas regiones son más diversas que otras, pero esto también puede estar relacionado con la historia geológica del área y con las corrientes oceánicas (Hutchings 1998).

La distribución y la composición de especies de poliquetos y de la fauna bentónica en general también varía a lo largo del tiempo en el mismo sitio, especialmente si se presentan especies con ciclos de vida cortos que mueren después del apareamiento, y cuyo reclutamiento no vuelve a ocurrir en el mismo sitio en largos periodos de tiempo (Hutchings 1998). En una escala anual, el clima en algunas regiones es marcadamente estacional y las condiciones hidrodinámicas afectan los patrones de sedimentación de materia orgánica y, por lo tanto, a las comunidades bentónicas (Guzmán-Alvis *et al.* 2006).

En los trópicos, la variación estacional es pequeña debido a las condiciones relativamente homogéneas de temperatura y salinidad, por lo que Parsons *et al.* (1995) proponen que los cambios en las comunidades bentónicas se pueden deber a la depredación dirigida a prevenir la monopolización de espacios por parte de algunas pocas especies. Por otro lado, Alongi (1989) muestra que el clima y sus efectos sobre las comunidades bentónicas de aguas someras varían ampliamente en los trópicos. La magnitud de las fluctuaciones estacionales depende de la distancia desde el Ecuador: los hábitats cercanos al mismo muestran menor variabilidad estacional que los ensamblajes tropicales que se encuentran más cerca de los polos. Sin embargo, las comunidades bentónicas marinas están organizadas estructural, numérica y funcionalmente en relación a un gradiente de disponibilidad de recursos, modificado por la interacción con otros factores ambientales (Pearson y Rosenberg 1978). En el Golfo de California únicamente se han analizado los cambios temporales en los poliquetos del clado Spionida, tomando en cuenta dos temporadas climáticas: invierno-primavera y verano-otoño. Hernández-Alcántara y Solís-Weiss (2013) registraron un número similar de especies en ambas temporadas, pero observaron una abundancia mayor en verano-otoño (Hernández-Alcántara y Solís-Weiss 2005).

En el Golfo de California, la macrofauna bentónica incluye alrededor de 4,853 especies descritas (excluyendo copépodos y ostrácodos). Los moluscos (2195 especies; 45% del total), artrópodos (1051 especies; 21.6%) y poliquetos (717 especies; 14.8%) son los taxones dominantes (Hendrickx *et al.* 2005). Se ha observado un claro gradiente de diversidad de invertebrados en el Golfo de California, que va de sur, con 3,109 especies, hacia el norte, con 2,251 especies, y que aplica a los siguientes filos bentónicos: Annelida, Arthropoda, Mollusca y Echinodermata (Lluch-Cota *et al.* 2007). No obstante, de acuerdo con Hernández-Alcántara y Solís-Weiss (2013), los poliquetos del clado Scolecida no muestran dicho patrón latitudinal, ya que se registró un número similar de especies en la región sur y en la norte.

La mayoría de las especies de invertebrados bentónicos se encuentran en la franja litoral, desde la zona intermareal hasta aproximadamente 20 m de profundidad, a lo largo de la región peninsular, en las

costas continentales y alrededor de las numerosas islas. En la plataforma continental, la biodiversidad disminuye con la profundidad para los grandes filos, y alcanza valores mínimos entre los 150 y 200 m (plataforma continental externa) (Hendrickx *et al.* 2002; Hendrickx y Brusca 2003). Sin embargo, la distribución de los poliquetos del clado Scolecida mostró un patrón parabólico, con un incremento en el número de especies hacia los 40 m de profundidad, correspondientes a la plataforma media, a partir de la cual empieza a disminuir gradualmente la diversidad (Hernández-Alcántara y Solís-Weiss 2013).

El macrobentos constituye uno de los elementos estructurales más importantes de las cadenas tróficas marinas y desempeña un papel importante en la dinámica general del sistema (Herman *et al.* 1999), por lo que se le considera una de las claves de los programas de gestión y control de las áreas marinas (Ysebaert y Herman 2002). El Golfo de California es un área de gran importancia económica para el país, y se debe tomar en cuenta que, para una correcta gestión y control de los recursos de cualquier sistema es preciso tener un buen conocimiento de la estructura biológica y física del mismo, sus relaciones ecológicas y, como consecuencia, de la influencia de las actividades socioeconómicas (de Jonge 2000).

Estudios a gran escala sobre biodiversidad son escasos en zonas marinas tropicales (Hendrickx *et al.* 2002), incluyendo a aquellos sobre macrofauna bentónica, y particularmente poliquetos. Debido a lo anterior, en este trabajo se pretende aumentar el conocimiento sobre la diversidad y sobre los patrones de distribución espaciales y temporales de estos organismos en el Golfo de California.

El tratamiento de las muestras correspondientes a la fauna bentónica y la obtención de resultados para el estudio de sus patrones de distribución son fruto de una labor minuciosa y extensa en el tiempo, que paulatinamente se demanda con mayor apremio. Por otro lado, algunos estudios de macrofauna de fondos blandos han sido criticados debido a los altos costos involucrados (McIntyre 1983; Warwick 1993). Ante esta situación de requerimientos, principalmente en cuanto a los plazos máximos de ejecución de los proyectos se refiere, es necesario hallar una vía alternativa que requiera un menor tiempo y que mantenga una plena fiabilidad de los resultados. En este sentido, en los últimos años se han llevado a cabo ciertos ajustes metodológicos en lo concerniente a las fases que más se prolongan en estos estudios: la separación y la identificación de la fauna (Garmendia *et al.* 2005). Uno de ellos consiste en la utilización del principio de suficiencia taxonómica, que implica la identificación de taxones hasta la categoría más alta posible (género, familia, orden, etc.) que permita alcanzar los objetivos planteados en el estudio a realizar, sin perder rigor en la significancia estadística durante la evaluación de los resultados (Ellis 1985).

Muchos estudios (Dauvin *et al.* 2003; Raymond *et al.* 2005) sugieren que una resolución taxonómica menor puede ser suficiente al estudiar la composición de ensamblajes bentónicos y que la determinación a familia puede ser satisfactoria en muchos estudios de monitoreo. Esto sugiere que una manera de reducir los costos de estudios bentónicos puede ser acortar el tiempo requerido para la identificación de los animales y reducir la experticia requerida para las identificaciones, utilizando una resolución taxonómica menor (Olsgard *et al.* 1997). Tomando en cuenta lo anterior, en este estudio también se pretende dilucidar si el principio de suficiencia taxonómica es aplicable, con resultados satisfactorios, en la zona de estudio con este grupo de invertebrados en particular, con la finalidad de analizar si es posible reducir tiempos y costos en proyectos futuros que se realicen con estos organismos.

## ANTECEDENTES

Los anélidos poliquetos han sido ampliamente estudiados en el Golfo de California, aunque en ciertas regiones restringidas. En las costas del Pacífico Mexicano se han registrado alrededor de 1100 especies, de las cuales, 278 tienen su localidad tipo en estos litorales (Hernández-Alcántara 2002); sin embargo, la mayoría de estudios sobre estos organismos y los esfuerzos de muestreo se han concentrado en el Golfo de California.

La mayoría de los trabajos realizados en la zona de estudio son de carácter taxonómico, incluyendo descripciones de nuevas especies, listados taxonómicos de áreas pequeñas, datos sobre su distribución, nuevos registros e incluso algunas claves taxonómicas (Treadwell 1937; Rioja 1941, 1942, 1947a, 1947b, 1948a, 1948b, 1962; Reish 1968; Light 1970; Kudenov 1973, 1975a, 1975b, 1975c, 1979; Hutchings y Glasby 1986; Williams 1987; Salazar-Vallejo y Stock 1988; Sartí-Martínez y Solís-Weiss 1988; Lezcano-Bustamante 1989; Salazar-Vallejo 1991, 1992; Fernández-Álamo 1991; Bastida-Zavala 1991; Hernández-Alcántara y Solís-Weiss 1991, 1993, 1998a, 1998b, 1999; Hernández-Alcántara 1992; González-Ortiz *et al.* 1997; Bhaud y Fernández-Alamo 2000, 2001; Hernández-Alcántara *et al.* 1994, 2003, 2006; Pérez-Torrijos *et al.* 2008; Méndez 2006, 2009; Ferrando y Méndez 2011a; Méndez y Hendrickx *en prensa*).

En años recientes, se han elaborado dos importantes listados sobre la fauna poliquetológica del Pacífico Mexicano: Salazar-Vallejo y Londoño-Mesa (2004) realizaron un listado sobre especies y bibliografía de poliquetos que abarca todo el Pacífico Oriental Tropical, desde Bahía Magdalena hasta Perú. Hernández-Alcántara *et al.* (2008) publicaron una lista de las especies descritas en el Pacífico Mexicano, haciendo referencia a datos sobre su localidad tipo y sinonimias. Adicionalmente, de León-González *et al.* (2009) editaron una obra en la que se incluyó información general y claves taxonómicas para la mayoría de familias y especies registradas en México y América Tropical, incluyendo datos sobre su distribución.

Pocos trabajos ecológicos sobre poliquetos se han realizado en el Golfo de California; entre ellos destacan los de Méndez (2007, *en prensa*), en los que analizó la relación entre poliquetos de mar profundo y variables ambientales como la profundidad, temperatura y oxígeno disuelto. Ferrando y Méndez (2011b) analizaron los efectos de la contaminación sobre comunidades de anélidos en la laguna costera “Estero de Urías”, localizada al sureste del golfo. Recientemente, también se han hecho algunos trabajos sobre especies invasoras en el Golfo de California, tales como los de Salgado-Barragán *et al.* (2004), Tovar-Hernández *et al.* (2009a, 2009b, 2010).

Algunos estudios sobre variaciones geográficas en la distribución de los poliquetos, a menor escala, se han llevado a cabo en la zona, entre los que destacan los de Padilla-Galicia y Solís-Weiss (1992), Bastida-Zavala (1993), Méndez-Ubach (1997), Enríquez-Ocaña (1999) y Méndez (2006). Sin embargo, sólo en algunos trabajos se ha analizado la distribución de estos organismos a gran escala: Brusca (1980), Hernández-Alcántara (2002) y Hernández-Alcántara y Solís-Weiss (2005). En este último trabajo, se analizaron las variaciones en la composición y abundancia del clado Spionida en la plataforma continental del Golfo de California, durante las temporadas climáticas del golfo: invierno-primavera y verano-otoño.

## **HIPÓTESIS**

Durante verano-otoño existe un flujo neto entrante de agua proveniente del Océano Pacífico que propicia el transporte y la dispersión de especies con afinidades tropicales, por lo que durante dicho periodo se encontrará una mayor abundancia y diversidad en las comunidades de poliquetos. Por otro lado, el archipiélago formado por las Islas Tiburón y Ángel de la Guarda también restringe la distribución y la dispersión de las especies, propiciando que la fauna de poliquetos que habita en el norte del golfo sea menos abundante y diversa.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Analizar la composición taxonómica y la estructura comunitaria de la macrofauna poliquetológica perteneciente al clado Aciculata (Polychaeta), así como sus variaciones espaciales y temporales a lo largo de la plataforma continental del Golfo de California.

### **Objetivos particulares**

- Identificar los anélidos poliquetos del clado Aciculata a nivel de especie y caracterizar su composición faunística.
- Caracterizar y comparar la distribución espacial de las variables ambientales en cada una de las temporadas climáticas analizadas (invierno-primavera y verano-otoño).
- Analizar la estructura de las comunidades de poliquetos que habitan en el golfo y determinar sus variaciones espaciales en ambas temporadas climáticas.
- Evaluar el efecto de las condiciones ambientales sobre la estructura de las comunidades de poliquetos en ambas temporadas.
- Analizar la resolución de la información recabada a distintos niveles taxonómicos para determinar si la aplicación del principio de suficiencia taxonómica es adecuada para explicar las variaciones estructurales de las comunidades del golfo.

## **ÁREA DE ESTUDIO**

### **Generalidades**

También conocido como Mar de Cortés o “Mar Bermejo”, el Golfo de California está localizado al noreste del Océano Pacífico, entre 22-32° N y 105-107° O (Roden 1958; Lluch-Cota *et al.* 2007). Es una cuenca estrecha y alargada, con una forma más o menos rectangular, con una extensión de aproximadamente 1100 km y un ancho promedio de 150 km (desde 80 hasta 209 km). Está orientado desde el noroeste hacia el sureste, y está limitado al oeste por la península de Baja California y al este por la parte continental de México (Sonora y Sinaloa) (Roden 1958; Salas-de León *et al.* 2003; Lluch-Cota *et al.* 2007). Presenta un gradiente latitudinal natural que va desde condiciones tropicales y lluviosas (al sur) hasta templadas y áridas (en el norte) (Álvarez-Borrego 1983).

El Golfo de California es el único mar marginal del Pacífico Oriental y constituye la cuenca de evaporación más grande del mismo (Salas-de León *et al.* 2003; Lluch-Cota *et al.* 2007). Es de gran importancia para México debido a que su alta productividad y sus condiciones oceanográficas sustentan una gran biodiversidad de flora y fauna, que son la base de un sector pesquero importante y

del sector turístico (Lara-Lara *et al.* 2008). Es el cuerpo de agua más estudiado dentro del país y ha sido objeto de numerosas investigaciones y exploraciones desde hace décadas (Lluch-Cota *et al.* 2007), ya que en él se presenta una vasta diversidad de organismos, con muchas especies endémicas, comerciales y/o de importancia ecológica (Lara-Lara *et al.* 2008).

## Topografía

De acuerdo con Lavín *et al.* (1997), el Golfo de California se divide en tres regiones: la parte norte, la parte sur y la boca. Dicha división refleja principalmente la topografía del fondo o la batimetría, aunque también existen diferencias en los procesos físicos que controlan la circulación y en la estructura termohalina. Dentro del golfo existe un archipiélago formado principalmente por las islas Ángel de la Guarda, Tiburón, San Esteban y San Lorenzo, que reduce considerablemente la comunicación y constituye una barrera física para la división del golfo.

- La región norte o el “alto golfo” abarca desde las grandes islas hasta la línea que va de San Felipe, B.C. a Puerto Peñasco, Sonora (Fig. 1). Está rodeado por desiertos y se caracteriza por su aislamiento marino y atmosférico, el primero debido al archipiélago que restringe la comunicación con el resto del golfo, y el segundo, por la existencia de cadenas montañosas en ambos lados del golfo (Reyes y Lavín 1997). Esta zona es más somera que la parte sur, su profundidad promedio es de 200 m y presenta amplitudes de marea de más de 6.95 m (hasta 10 m), que provocan fuertes corrientes que mantienen grandes cantidades de sedimento en suspensión (Salas-de León *et al.* 2003; Lluch-Cota *et al.* 2007). La mayor parte del fondo marino puede clasificarse como parte de la plataforma continental y las cuencas principales son: Cuenca Tiburón (400 m), Cuenca Delfín (600 m) y Cuenca Wagner (200 m) (Lavín *et al.* 1997).
- La región sur o el “bajo golfo” es la más extensa, y abarca desde la línea Cabo San Lucas-El Dorado hasta las grandes islas (Fig. 1). Esta zona contiene una serie de cuencas cuya profundidad máxima disminuye hacia el interior del golfo: Cuenca Pescadero (3000 m), cuenca Farallón (3000 m), Cuenca del Carmen (2000 m), Cuenca de Guaymas (2000 m) y Cuenca San Pedro Mártir (1000 m). La plataforma continental es casi inexistente del lado de la península, pero del lado opuesto tiene una extensión de aproximadamente 30 km (Lavín *et al.* 1997). En esta zona, el golfo tiene comunicación abierta con el Océano Pacífico y está influenciada por sus condiciones oceanográficas.
- La zona de la boca del golfo está limitada por las líneas que unen a Cabo San Lucas, B.C.S., con Cabo Corrientes; a Cabo San Lucas con El Dorado, Sinaloa, y la línea de costa entre El Dorado y Cabo Corrientes (Fig. 1). Esta zona es muy profunda (3000 m) e incluye parte de la Cuenca Pescadero y la Cuenca Mazatlán. Su principal característica hidrográfica es que en ella se encuentran en contacto varias masas de agua, lo cual genera frentes termohalinos (Lavín *et al.* 1997).

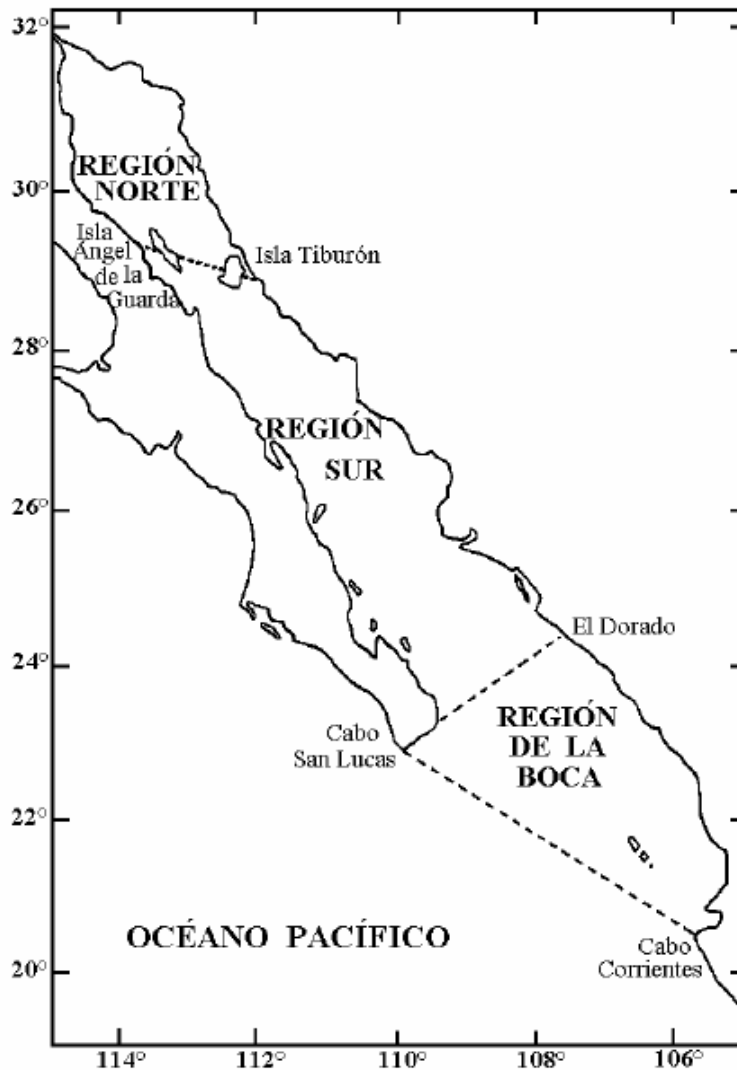


Figura 1. Regionalización latitudinal del Golfo de California (tomado de Lavín *et al.* 1997)

Además de las diferencias latitudinales observadas en el golfo, también existen diferencias considerables entre los márgenes oriental y occidental del mismo. La costa a lo largo de Baja California es muy empinada, principalmente rocosa, pero con tramos de arena dispersos y una plataforma continental muy estrecha que está flanqueada por numerosas islas; carece casi por completo de drenajes de ríos debido a las condiciones climáticas subdesérticas. En la desembocadura del Río Colorado y en el norte de Sonora, la costa es menos accidentada y posee una amplia plataforma. Por el contrario, la región continental se caracteriza por tener largas playas arenosas, grandes lagunas costeras y bahías abiertas fangosas, por tener una plataforma más extensa y por la presencia de grandes aportes de agua dulce que alcanzan la costa directamente a través de ríos y de lagunas (Lluch-Cota *et al.* 2007).

Las grandes diferencias en condiciones climáticas observadas en el golfo provienen de noroeste a sureste, y abarcan cerca de 9 grados de latitud, y las diferencias que existen entre el lado este y el lado oeste del golfo están estrechamente relacionadas con la circulación atmosférica y con la existencia de cadenas montañosas en ambos lados que la modifican (canalizan el viento a lo largo del eje longitudinal del golfo) (Roden 1958; Lavín *et al.* 1997). La influencia del Océano Pacífico sobre el

clima del golfo es reducida por una cadena montañosa casi ininterrumpida de entre 2000 y 3000 m de altura situada en Baja California (Rodén 1958).

La batimetría actual del golfo es el resultado de la dinámica estructural ocurrida durante aproximadamente 12 millones de años a través de una serie de procesos geológicos (Tovilla 1991). Como se ha mencionado, las características de la plataforma continental varían mucho a lo largo del Golfo de California. Con base en criterios geomorfológicos, se han hecho diversas divisiones de la plataforma para facilitar su estudio; algunas consideran la existencia de una zona sublitoral interna o plataforma interna, que se extiende hasta una profundidad de 40 (Martos y Piccolo 1988) o 50 m, generalmente donde las algas asociadas al fondo marino ya no crecen (Thurman y Trujillo 2004) y una zona sublitoral externa o plataforma externa, que se extiende desde el final de la zona interna hasta una profundidad de entre 120 (Martos y Piccolo 1988) y 200 m, o hasta el límite de la plataforma (Thurman y Trujillo 2004). Otras clasificaciones dividen a la plataforma en tres regiones: la costera ( $Z < 50$  m), la media ( $50 < Z < 100$  m) y la externa ( $Z > 100$  m), dominios frecuentemente separados por fronteras casi permanentes que pueden separar masas de agua y por lo tanto provocar cambios en las condiciones oceanográficas (Schumacher *et al.* 1979). Por otro lado, Rodén (1958) consideró que el golfo debía ser dividido en tres regiones batimétricas: una capa superior poco profunda (20 a 40 m), donde la distribución de las propiedades es más o menos uniforme debido a la mezcla causada por el viento; una capa entre los 50 y 150 m de profundidad, que varía con la estación, donde la temperatura, la salinidad y el contenido de oxígeno disminuyen rápidamente, y una capa profunda, entre la termoclina y el fondo, donde las condiciones permanecen prácticamente constantes de una temporada a otra. Sin embargo, las características específicas de la plataforma varían de acuerdo a la región a la que pertenezca (Schumacher *et al.* 1979).

El Golfo de California actúa como receptáculo para todo tipo de sedimentos. Se ha encontrado que los sedimentos finos superficiales (limo-arcilla) son principalmente de origen terrígeno, biogénico (ópalo y calcáreo) y en algunos sitios se encuentran sedimentos autigénicos (ricos en manganeso) (Baba *et al.* 1991). En la región norte del golfo se presentan sedimentos terrígenos provenientes principalmente del Río Colorado (Byrne y Emery 1960).

El transporte de sedimentos de las regiones central y sur del golfo es casi completamente lateral y proviene de ambos márgenes del golfo. El margen oriental, debido a su alta precipitación y a los flujos permanentes promueve un mayor aporte de terrígenos al golfo en comparación con el margen occidental. Las fuentes de aporte de ese lado no sólo forman las planicies costeras y cubren la plataforma y el talud, sino que se extienden a la mayor parte de las cuencas del golfo. La zona de sedimentos marinos derivados de la península es relativamente angosta y termina aproximadamente al pie del talud occidental (Baba *et al.* 1991).

La región sureste del golfo es dominada por sedimentos terrígenos provenientes de los ríos del continente. Este aporte se ve favorecido por una mayor precipitación local. También se ha observado que el transporte eólico de las regiones áridas del norte juega un papel importante en el depósito de sedimentos en las cuencas centrales (van Andel 1964; Baba *et al.* 1991; Baumgartner *et al.* 1991). Por otra parte, en la región suroeste se registra por lo general una baja precipitación (25-50 mm/año) por lo que se presenta un decremento de componentes terrígenos, con mayor aporte biogénico (van Andel 1964; Baba *et al.* 1991).



## Variaciones estacionales

Existen numerosos estudios que muestran evidencias cualitativas o cuantitativas de estacionalidad en el Golfo de California, algunos basados en registros de variabilidad mensual, tales como los de Roden (1958), Bray (1988), Sancetta (1995), Beier (1997), Reyes y Lavín (1997) Beron-Vera y Ripa (2002), Bernal *et al.* (2001), García-Pámanes *et al.* (2011). Sin embargo, no parece haber un consenso en cuanto a la delimitación de las estaciones climáticas en la zona, ya que la apreciación de los autores difiere en función de la variable bajo análisis, ya que existen algunas que tienen un ciclo anual, como la temperatura, que presenta dos valores extremos bien definidos por año (Bray 1988), y otras, como la salinidad, que tienen una variabilidad semianual importante, es decir, presentan cuatro valores extremos a lo largo del año (Beron-Vera y Ripa 2002).

No obstante, muchos autores han detectado que las variables ambientales presentan diferencias importantes entre invierno y verano (Roden 1958; García y Mosiño 1968; Badan-Dagon *et al.* 1991; Beier 1997; Beron-Vera y Ripa 2002; Páres-Sierra *et al.* 2003), mientras que otros señalan que las principales diferencias se manifiestan entre invierno-primavera y verano-otoño (Santamaría-del-Ángel *et al.* 1994; Thunell *et al.* 1994; Sancetta 1995; Bernal *et al.* 2001; García-Pámanes *et al.* 2011).

García-Pámanes *et al.* (2011) analizaron concentraciones de pigmentos fotosintéticos y biomasa fitoplanctónica basándose en series de tiempo de satélite (relacionados con la temperatura), y distinguieron dos temporadas: una fría (invierno-primavera: noviembre a mayo) y una cálida (verano-otoño: junio a octubre). Según dichos autores, las condiciones de verano se pueden prolongar hasta el otoño. Por otro lado, en varios estudios se ha demostrado que el flujo de materia orgánica está relacionado con la producción superficial, y que los flujos varían con los cambios diarios y estacionales en la productividad (Thunell *et al.* 1993, 1994; Lange *et al.* 1994). En la región central del Golfo de California existen marcadas diferencias temporales en los flujos de material particulado (Lara-Lara *et al.* 2007), que se pueden agrupar en dos periodos que coinciden con los mencionados previamente: la época fría (noviembre a mayo), con concentraciones máximas de pigmentos y una alta productividad primaria, y la época cálida (junio a octubre), con concentraciones mínimas de pigmentos y baja productividad Santamaría-del-Ángel *et al.* (1994) y Thunell *et al.* (1994).

De acuerdo con Bernal *et al.* (2001), el ciclo anual de la temperatura media superficial en la cuenca de La Paz presenta dos temporadas bien definidas con respecto al patrón estacional de vientos. Durante invierno-primavera, los menores niveles de insolación junto con la influencia de los vientos del noroeste son los causantes del enfriamiento de las aguas superficiales hasta alcanzar sus mínimos anuales (21°C–24°C), mientras que las temperaturas superficiales más elevadas (27°C– 31°C) se registran durante verano-otoño, cuando la insolación es mayor y vientos más débiles del sureste, acarrear aguas cálidas del trópico hacia el golfo (Bernal *et al.* 2001). Esas condiciones fueron analizadas en la región sur, pero considerando las diferencias estacionales observadas en los patrones de vientos, pueden extenderse o aplicarse a todo el golfo.

El sistema de vientos tiene un marcado ciclo estacional, y acarrea aire con características (humedad y temperatura) muy distintas en invierno y en verano debido al origen de las masas de aire (Lavín *et al.* 1997). Durante la temporada invierno-primavera, un centro de alta presión se estabiliza sobre el suroeste de los Estados Unidos de América, ubicado al noroeste del Golfo de California y genera vientos intensos que siguen el gradiente medio de presión a lo largo del mismo, atravesándolo en dirección noroeste-sureste (Bernal *et al.* 2001). Los vientos son fríos y secos y presentan velocidades de entre 8 a 12 m/s<sup>-1</sup> (Roden 1964; Lavín *et al.* 1997). Estos vientos generan las surgencias más

importantes del Golfo de California (principalmente en la parte continental) y una pérdida de calor de la capa de mezcla que, junto con la menor insolación, se manifiestan como una disminución de la temperatura superficial a lo largo de todo el año. Paralelo a este enfriamiento se observan anomalías negativas del nivel del mar. Las lluvias son escasas durante este período y son debidas principalmente a la influencia de la vertiente del Pacífico de la península, por la intensificación del centro de baja presión de las Aleutianas, o bien, por la invasión del frente polar hacia el sur (Bernal *et al.* 2001).

Durante verano-otoño, el gradiente de presión se invierte en respuesta a la posición estival del centro de baja presión que se encuentra sobre el desierto de Sonora, mientras que la celda de alta presión se encuentra sobre el Pacífico sub-tropical (Badan-Dangon 1991). Los vientos provienen de la zona marítima tropical situada al sureste, son húmedos y tibios y más débiles, con velocidades promedio de  $5 \text{ m/s}^{-1}$ . Este patrón de vientos genera surgencias de aguas ricas en nutrientes en ambas costas, siendo más intensas del lado de la península en esta temporada (Roden 1964; Lavín *et al.* 1997). Durante esta temporada se intensifica la Corriente Norecuatorial y el desarrollo de la Corriente de Costa Rica acarrea agua subtropical hacia el golfo (Badan-Dangon 1998; Baumgartner y Christensen 1985). En el sur del golfo, esta advección de aguas más cálidas del sur, junto con el calentamiento estival, son seguidos por un incremento en el nivel del mar, un aumento en la temperatura superficial y una mayor precipitación. La precipitación en este período es producto de un acarreo de humedad por el Monzón Mexicano (Douglas *et al.* 1993; Badan-Dangon 1998) y por procesos convectivos causados por las altas temperaturas superficiales. Durante este periodo se presentan tormentas tropicales, ciclones y huracanes en el Pacífico Oriental Tropical, y algunos pueden impactar el Golfo de California (Álvarez-Borrogo 1983), causando en parte la gran variabilidad observada en las lluvias de verano (Bernal *et al.* 2001).

En todas las regiones del Golfo de California, la circulación y la estructura hidrográfica de las aguas cercanas a la superficie presentan importantes variaciones temporales con un periodo anual. A esta variación se le llama el ciclo estacional de la circulación y de la estructura termohalina y se debe a que algunos de los agentes impulsores más importantes del golfo varían con las estaciones del año. Entre ellos se encuentran: el Océano Pacífico, el sistema de vientos y el flujo de calor a través de la superficie. La importancia relativa de estos mecanismos varía entre las diversas regiones del golfo (Lavín *et al.* 1997).

Como se ha mencionado, el viento no es el principal generador de corrientes en el Golfo de California en la escala estacional, el Océano Pacífico tiene una influencia muy marcada sobre la oceanografía física de la zona. El golfo está sujeto a forzamiento dinámico por parte del Océano Pacífico a través de la boca, además de las mareas, entran ondas internas de diferentes escalas, perturbaciones causadas por huracanes, ondas de origen ecuatorial atrapadas en la costa, agua superficial de origen ecuatorial y variaciones en periodos largos, como las provocadas por El Niño. No obstante, las características morfométricas y batimétricas también pueden causar cambios locales en la circulación (Lavín *et al.* 1997).

La circulación superficial en el Golfo de California tiene un fuerte ciclo estacional, con un flujo entrante en verano y saliente en invierno. Sin embargo, la causa de este ciclo estacional no es obvia, ya que dentro del golfo ocurren diversos procesos físicos (arrastre y mezcla por vientos, mezcla por mareas, sistema de corrientes exteriores al golfo, nivel del mar del Océano Pacífico, flujo superficial de calor, evaporación, etc.) que afectan la dinámica de la zona. A grandes rasgos, la circulación es anticiclónica en invierno (tomando febrero como representativo) y ciclónica en verano (usando agosto),

pero esta descripción es algo limitada pues no refleja el hecho de que ocurren cambios continuos a lo largo del año, y no siempre la circulación es claramente ciclónica o anticiclónica (Lavín *et al.* 1997).

Por otro lado, la circulación termohalina en el Golfo de California está controlada por la evaporación y la ganancia neta de calor, y aparentemente también presenta variaciones estacionales que están en fase con el efecto del viento (Lavín *et al.* 1997). Lo anterior implica que debe haber una salida de agua tibia cerca de la superficie (Bray 1988) y otra entrada compensatoria de agua subsuperficial (Lavín *et al.* 1997). Los flujos de calor cambian la densidad del agua en las capas superiores del Golfo de California, y como son muy diferentes en el Océano Pacífico, la diferencia de densidad entre el Golfo de California y el Océano Pacífico genera un gradiente de presión, que es la fuerza motriz de la circulación termohalina. Esta circulación es muy lenta, por lo tanto difícil de medir directamente, y carece de efectos significativos sobre el sistema de circulación (Roden 1958).

La capa mezclada es más profunda y la termoclina más pronunciada en invierno que en verano, pero el efecto compensatorio de la temperatura y la salinidad sobre la densidad hacen que esta última disminuya más uniformemente en invierno (Lavín *et al.* 1997). El crecimiento de la capa mezclada se inicia a finales del otoño, cuando los vientos se incrementan, la radiación solar empieza a disminuir y en algunos lugares se inicia la pérdida de calor por la superficie (lo cual causa convección). En ciertas áreas la capa mezclada superficial llega hasta el fondo, destruyendo totalmente la estratificación. En la primavera, la radiación aumenta y los vientos bajan de intensidad, así que se empieza a formar estratificación nueva cerca de la superficie; un proceso de adelgazamiento de la capa mezclada. La formación de la nueva capa delgada en la primavera sucede más rápidamente que el proceso de erosión (o crecimiento) de la capa, el cual dura varios meses, primero lentamente durante el verano y luego muy rápidamente en el invierno (Lavín *et al.* 1997).

La capa mezclada en el Golfo de California sigue bastante fielmente el comportamiento descrito arriba, excepto en la zona entre las islas, donde la mezcla intensa causada por las corrientes de marea producen un comportamiento diferente. El promedio anual de la profundidad de la capa de mezcla es de 30 m en la zona norte y entre las islas, y de 22 m en la parte sur; en el verano la profundidad es de 10 m en la parte sur y en las islas, y de 20 m en la parte norte. En invierno, la capa mezclada puede alcanzar 90 m en la parte norte, 70 m en la parte sur y 60 m entre las islas (Martínez-Sepúlveda 1994).

Las temperaturas superficiales en la región norte del golfo varían de 10°C en invierno hasta 32°C en verano. En la región sur las temperaturas promedio en verano son mayores de 25°C y en invierno promedian 20°C (Valdez-Holguín *et al.* 1999). La región de las islas Ángel de la Guarda y Tiburón presentan temperaturas menores que el resto del golfo debido a fuertes procesos de mezcla por marea y viento (Robinson 1973). De acuerdo con este patrón de temperatura, los nutrientes presentan altas concentraciones en la región de las islas y decrecen hacia el sur y hacia el norte (Álvarez-Borrego *et al.* 1978). En la región norte la mayor parte de la precipitación cae en verano y es escasa. En la región sur es de aproximadamente 200 mm del lado de la península y de 400 mm por año en la parte continental (Roden 1958).

La evaporación es uno de los factores más importantes en el golfo, y es responsable de la alta salinidad que se observa en las capas superficiales. En contraste, la precipitación y la descarga de ríos parecen tener efectos pequeños sobre la dinámica del golfo. Sin embargo, a nivel local en las zonas costeras, pueden tener una fuerte influencia (Lavín *et al.* 1997). La salinidad superficial varía entre 35 y 35.8 ups, con pequeños cambios estacionales (Nix 2010); recibe influencia tanto de los flujos a través de la superficie como por la mezcla vertical de aguas menos salinas que se encuentran debajo de la capa

mezclada, y por las intrusiones de agua del Océano Pacífico (Lavín *et al.* 1997). Por otro lado, la distribución de la salinidad subsuperficial (50-100 m de profundidad) indica que existe una entrada de agua con baja salinidad a lo largo de la costa este del golfo y una salida de agua con una alta salinidad a lo largo de la costa oeste. Debajo de la termoclina, el agua del golfo es básicamente la misma que la que se encuentra frente a las costas del sur del Pacífico Mexicano, con salinidades mínimas menores a 34.6 ups entre 400 y 800 m (Nix 2010).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Recolección del material biológico**

Las muestras biológicas fueron recolectadas en la plataforma continental del Golfo de California a bordo del Buque Oceanográfico “El Puma”, durante dos campañas oceanográficas llevadas a cabo dentro del marco del proyecto CORTÉS (Inventario Faunístico del Golfo de California, México). Una se llevó a cabo durante el periodo comprendido entre el 10 y el 23 de marzo de 1985 (campaña CORTÉS II, correspondiente a la temporada invierno-primavera) y otra entre el 28 de julio y el 9 de agosto del mismo año (campaña CORTÉS III, correspondiente a la temporada verano-otoño). Para cada campaña se consideraron 35 estaciones de muestreo agrupadas en 12 transectos perpendiculares a la costa, situados a lo largo del golfo (Fig. 2). Cada uno constó de tres estaciones (con excepción de un transecto integrado por dos estaciones) con profundidades de entre 17 y 112 m, ubicadas en la plataforma interna, media y externa, respectivamente.

Las muestras fueron recolectadas con una draga Smith-McIntyre (0.1 m<sup>2</sup>). El sedimento obtenido fue tamizado haciendo uso de una red con una luz de malla de 0.5 mm para retener a los organismos pertenecientes a la macrofauna bentónica (Snelgrove 1998) Posteriormente, las muestras fueron colocadas en bolsas de plástico y fijadas con una solución de agua de mar-formol al 10%. Los organismos fueron separados y preservados en etanol al 70%.

Adicionalmente, en cada estación se midió la profundidad haciendo uso de una ecosonda y la temperatura y la salinidad fueron obtenidas utilizando un CDT Niels Brown. La concentración de oxígeno disuelto fue calculada por medio del método Winkler (Strickland y Parsons 1977) y el porcentaje de materia orgánica en los sedimentos fue calculado utilizando el método de Walkley y Black (1934). Los porcentajes de arena fueron calculados por medio de tamizado en húmedo a través de una malla de 0.63  $\mu$ m para separar las arenas y los lodos (Hernández-Alcántara 1985). Los valores registrados y/o medidos de las variables ambientales pueden ser consultados en los Anexos 3 y 4.

Los organismos recolectados en la campaña oceanográfica CORTÉS II (invierno-primavera), pertenecientes al clado Aciculata, fueron previamente separados e identificados a nivel taxonómico de especie por Hernández-Alcántara (2002), y la información respectiva fue retomada en este trabajo para propósitos comparativos. Por otro lado, los organismos recolectados en la campaña CORTÉS III (verano-otoño) fueron identificados hasta nivel taxonómico de especie, haciendo uso de literatura y claves taxonómicas especializadas (Fauchald 1970; Banse 1972; Góngora-Garza y de León-González 1993; Díaz-Castañeda y San Martín 2001; de León-González y Solís-Weiss 2000; Salazar-Vallejo 2003; San Martín 2003; Böggeman 2002 y 2005; Hernández-Alcántara *et al.* 2006; de León-González *et al.* 2009). Los ejemplares identificados fueron depositados en la Colección Nacional de Poliquetos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM (CNP-ICMyL, UNAM: DFE.IN.061.0598). Las especies identificadas en cada temporada pueden ser consultadas en los anexos 1 y 2.

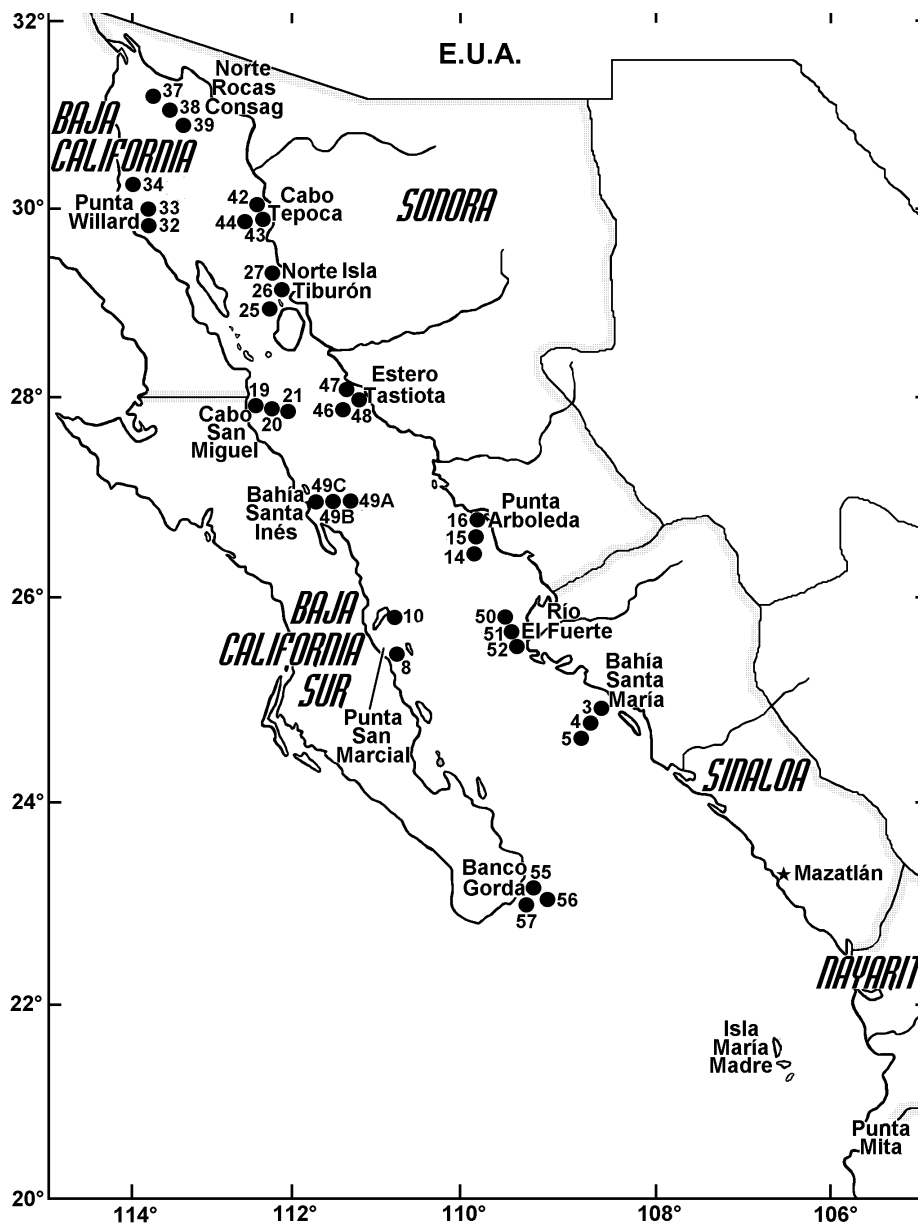


Figura 2. Localización de las estaciones de muestreo (modificado de Hernández-Alcántara 2002).

Para asegurar la asignación taxonómica fiable de las especies identificadas en la campaña CORTÉS II, se revisaron algunos ejemplares pertenecientes a especies con dudosa distribución en la zona de estudio. Asimismo, para revisar el estatus taxonómico actual y los nombres aceptados de las especies identificadas en ambas campañas, se utilizó la herramienta “Match taxa” de la base de datos “WoRMS” (World Register of Marine Species) ([www.marinespecies.org](http://www.marinespecies.org)), así como revisiones taxonómicas actualizadas de los taxones analizados. Dicha herramienta permite obtener información a partir de los nombres de las especies, tal como su clasificación dentro de niveles taxonómicos superiores, autor, nombre aceptado, bibliografía de referencia, etc. La lista de las especies identificadas se ordenó siguiendo el esquema de clasificación de Rouse y Fauchald (1997).

Para distinguir la nomenclatura de las estaciones de muestreo/temporada, se utilizó el número original de las mismas, más una clave precedente constituida por cuatro letras:

1) La primera letra hace referencia a la porción oriental u occidental del golfo en que se encuentran las estaciones: la letra “C” se utilizó para las estaciones que se encuentran en las costa orientale o porción continental y la letra “P” se utilizó para estaciones que se encuentran en la costa occidental o en la región peninsular.

2) La segunda letra hace referencia a la regionalización latitudinal del Golfo de California, tomada de Lavín *et al.* (1997), la letra “N” se utilizó para las estaciones localizadas en la porción norte (alto golfo), la letra “S” para las de la región sur (bajo golfo) y la letra “B” para las que se encuentran en la boca del golfo.

3) La tercera letra hace alusión a la temporada de muestreo, siendo utilizada la letra “I” para invierno-primavera y la letra “V” para la temporada verano-otoño.

4) La cuarta letra hace distinción de los tres niveles de la plataforma continental donde se tomaron las muestras: la letra “I” se usó para la plataforma interna, la “M” para la plataforma media y la “E” para la plataforma externa.

Ejemplos:

- **CSII 03:** estación localizada en la porción **C**ontinental del golfo, región **S**ur, temporada **I**nvierno-primavera, plataforma **I**nterna.
- **CNIM 26:** estación localizada en la porción **C**ontinental del golfo, región **N**orte, temporada **I**nvierno-primavera, plataforma **M**edia.
- **PNVE 33:** estación localizada en la porción **P**eninsular del golfo, región **N**orte, temporada **V**erano-otoño, plataforma **E**xterna.
- **PBII 55:** estación localizada en la porción **P**eninsular del golfo, región de la **B**oca, temporada **V**erano-otoño, plataforma **I**nterna.
- **CSVM 48:** estación localizada en la porción **C**ontinental del golfo, región **S**ur, temporada **V**erano-otoño, plataforma **M**edia.

## Análisis de datos

### 1. Análisis de varianza PERMANOVA

Tanto las variables bióticas como las ambientales fueron evaluadas a través de un análisis de varianza basado en matrices de distancia/disimilitud y permutaciones (PERMANOVA). A continuación se describe su procedimiento y el diseño experimental utilizado. Más adelante se indica detalladamente la manera en que el análisis fue realizado para cada conjunto de variables.

PERMANOVA es una rutina diseñada para probar la respuesta simultánea de una o más variables a uno o más factores bajo un modelo lineal, descompone la variación total de la misma forma que se hace en los análisis de varianza (ANOVA) convencionales (Anderson 2001). La prueba admite cualquier matriz de similitud y utiliza un procedimiento de permutación para someter a prueba la hipótesis nula de no diferencias entre los niveles de cada factor o fuente de variación. En esencia, la rutina desarrolla

un fraccionamiento de la suma de cuadrados totales de acuerdo al diseño experimental especificado, incluyendo el tratamiento apropiado de los factores, que pueden ser fijos o aleatorios, cruzados o anidados jerárquicamente (Tabla 1), y de todos los términos de la interacción. Se entiende como factor a una variable categórica que identifica a varios grupos, tratamientos o niveles que se deseen comparar (Anderson *et al.* 2008).

La rutina calcula un estadístico llamado *pseudo-F* para cada término del modelo, basado en las expectativas de los cuadrados medios (EMS). Es llamado de esa manera porque no tiene una distribución conocida bajo una hipótesis nula verdadera, a diferencia del estadístico *F*. Dicho estadístico es calculado de manera análoga a la construcción del estadístico *F* para modelos de ANOVA univariados multifactoriales (Cornfield y Tukey 1956), pero no se pueden consultar tablas tradicionales de la distribución *F* para obtener los *P-valores* para un conjunto de datos multivariados. Una distribución apropiada para el estadístico *pseudo-F* es obtenida utilizando permutaciones. Los *P-valores* se obtienen utilizando un procedimiento apropiado de permutación para cada término, en este caso se hicieron 9999 permutaciones de residuales bajo un modelo reducido.

Todos los análisis PERMANOVA se realizaron con el programa PRIMER v6 y PERMANOVA+ (PRIMER-e, Ltd. Plymouth, R.U.).

### 1.1. Diseño experimental

Se abordaron tres modelos espaciales: el primero se refiere a potenciales diferencias batimétricas (niveles de la plataforma continental), el segundo al efecto continental respecto a la península y el tercero a la regionalización latitudinal del Golfo de California. Paralelamente se abordó un modelo temporal, con el que se evaluaron diferencias entre las temporadas invierno-primavera y verano-otoño (Tabla 1).

Se definieron cuatro factores con base en los modelos espaciales y temporal (Tabla 1), además se incluyó un quinto modelo espacial, los transectos, con el que se estimó la variabilidad espacial asociada a la combinación de cada nivel de los factores espaciales.

**Tabla 1. Características del diseño experimental para el análisis de varianza PERMANOVA (N/A: no aplica).**

Factor	Niveles	Anidado en	Fijo/aleatorio
TEMPORADA	Invierno-Primavera	N/A	Fijo
	Verano-Otoño		
ZONA	Norte del golfo	N/A	Fijo
	Sur del golfo		
	Boca del golfo		
CONTINENTAL	Porción continental	N/A	Fijo
	Porción peninsular		
PLATAFORMA	Plataforma interna	N/A	Fijo
	Plataforma media		
	Plataforma externa		
TRANSECTO	Transectos 1 a 12	Factor CONTINENTAL, factor ZONA	Aleatorio

Los cuatro primeros factores quedaron como “fijos” debido a que existe una hipótesis *a priori* de que existen potenciales diferencias entre sus niveles, mientras que el quinto factor fue determinado como

aleatorio, ya que con él se estima la significancia del componente de variación asociado a los transectos (Tabla 1). Sin embargo, debido a que no fue posible replicar transectos para todas las combinaciones de niveles, fue necesario excluir las interacciones entre los factores CONTINENTAL-ZONA y CONTINENTAL-ZONA-PLATAFORMA, ya que en la porción occidental del golfo en la región norte únicamente hay un transecto (3 estaciones), en la región sur hay 3 transectos (8 estaciones) y en la boca sólo hay un transecto (3 estaciones).

## **2. Caracterización y variaciones ambientales**

Tomando en cuenta el diseño experimental propuesto (Tabla 1), se realizó un análisis de varianza PERMANOVA para estimar el efecto de los factores espaciales y temporales sobre las variables abióticas. De esta manera, para evaluar las diferencias ambientales entre las localidades de muestreo se partió de una matriz de distancias euclidianas de las variables ambientales previamente normalizadas (profundidad, temperatura, salinidad, concentración de oxígeno disuelto, porcentaje de materia orgánica y porcentaje de arena). Con base en los resultados obtenidos, se decidió realizar un segundo análisis de varianza PERMANOVA, evaluando el efecto del factor “PLATAFORMA” sobre las variables ambientales, ya que fue el único que presentó diferencias significativas en el primer análisis. Ambos análisis se hicieron por separado para cada temporada.

Con la finalidad de presentar un esquema general de la distribución y el comportamiento de las variables ambientales en la zona de estudio en cada temporada, se realizaron diagramas de caja (incluyendo valores promedio y desviaciones estándar) para cada una de ellas, tomando en cuenta únicamente el factor espacial PLATAFORMA. Asimismo, para evaluar la existencia de diferencias significativas entre los niveles de dicho factor se realizó la prueba de Kruskal-Wallis para cada variable, basada en el contraste de medianas (Kruskal y Wallis 1952). Lo anterior se hizo con el programa STATISTICA (versión 7.0). Adicionalmente, se representaron gráficamente las variables ambientales a través de mapas de distribución realizados con el programa SURFER (versión 10.0), utilizando el método de interpolación suavizado “Kriging”, que minimiza la varianza del error (Quintero-Cuevas y Jaime-Enríquez 1991).

Para detectar las variables más importantes que determinan la estructura ambiental del Golfo de California se realizó un análisis de componentes principales (PCA) para cada temporada. Se partió de la matriz de variables ambientales previa normalización de los datos. El análisis de componentes principales (PCA) es un método de ordenación multivariado donde las muestras, representadas por puntos en un espacio multidimensional, son proyectadas en un gráfico de dos o tres dimensiones que absorben la mayor variación total del conjunto de muestras (Clarke y Gorley 2006). El propósito de esos ejes, o componentes principales (PC's), es capturar la mayor variación posible en el espacio original, y la variación que esos ejes representan se expresa en términos porcentuales (Quinn y Keough 2002; Clarke y Gorley 2006).

En ambas temporadas hubo algunos valores de temperatura, salinidad y concentración de oxígeno disuelto que por cuestiones de logística no pudieron ser medidos y/o calculados (ANEXOS III y IV). Para obtener dichos valores se sacaron promedios de los valores de transectos adyacentes correspondientes al mismo nivel de la plataforma continental. Adicionalmente, en 6 estaciones de la temporada invierno-primavera tampoco se pudieron obtener los porcentajes de materia orgánica y de arena (ANEXO III), por lo cual se eliminaron dichas estaciones de los análisis de las variables ambientales en esa temporada.



### **3. Descripción de las comunidades de poliquetos**

El número total de individuos (N) y el número total de especies (S) son variables que pueden ser utilizadas como medidas de los atributos de la estructura de las comunidades. El primero es un estimador de cuán grande es la comunidad y el segundo de la diversidad de especies (Krebs 2000). Sin embargo, tales variables son poco informativas y son dependientes del tamaño de muestra, por lo que su uso como medidas comparativas es limitado (Clarke 1993; Gray 2000) y en este estudio se emplearon como parámetros descriptivos.

Para caracterizar la estructura de las comunidades de poliquetos de la zona de estudio, se estimó el número total de individuos (N) y el número total de especies o riqueza específica (S) por estación, por temporada. Para estimar el efecto de la heterogeneidad espacial y temporal sobre ambas variables, se realizó un análisis de varianza PERMANOVA, tomando en cuenta el diseño experimental previamente planteado (Tabla 1).

Tomando en cuenta los resultados del análisis de varianza, se realizaron diagramas de caja para la abundancia y riqueza de especies, de acuerdo con su distribución en la plataforma continental (único factor que presentó diferencias significativas en el análisis PERMANOVA), y se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis para localizar diferencias significativas entre los niveles batimétricos. Esto se realizó con el programa STATISTICA (versión 7.0).

### **4. Variaciones espaciales y temporales en la composición de especies**

Para visualizar las relaciones entre las muestras, basadas en la composición de especies, se realizó un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) utilizando el programa PRIMER v6 y PERMANOVA+ (PRIMER-e, Ltd. Plymouth, R.U.). Este análisis partió de una matriz de similitud construida con las abundancias estandarizadas y transformadas (raíz cuarta), y utilizando el coeficiente de similitud de Bray-Curtis (Clarke 1993). Inicialmente se hizo con los datos de ambas temporadas y después se realizó para cada temporada por separado. El propósito del nMDS es construir un mapa o una ordenación de las muestras en un número bajo de dimensiones. Su bondad de ajuste se expresa mediante un valor de *stress*, que se refiere a la distorsión entre los rangos de similitud expresados en la matriz Bray-Curtis y sus correspondientes distancias en la gráfica de ordenación (Clarke y Warwick 2001).

Para estimar el efecto de los factores espaciales y temporales sobre la composición de especies (Tabla 1), se realizó un análisis de varianza PERMANOVA, partiendo de una matriz de similitud Bray-Curtis de los datos de abundancia, previa estandarización y transformación raíz cuarta. En dicho análisis se evaluó simultáneamente el efecto de los cuatro factores bajo el modelo lineal multifactorial de efectos mixtos detallado en la Tabla 1. En vista de que se detectaron diferencias significativas entre temporadas, se efectuaron análisis de varianza por separado para cada una de ellas. Finalmente, con base en los resultados observados, se realizó un tercer análisis de varianza tomando en cuenta únicamente los niveles de la plataforma continental.

### **5. Dominancia específica**

Los valores de dominancia proporcionan diferentes criterios para evaluar y jerarquizar la importancia relativa de las especies en una comunidad, y por tanto, dilucidar el papel que desempeñan en la delimitación de su estructura a diversas escalas (de la Cruz 1994). En este estudio se calculó la

dominancia a nivel regional a través del Índice de Valor Biológico (IVB). Este índice pretende incorporar información adicional a la de la abundancia para jerarquizar la importancia cuantitativa de las especies. Al utilizarlo se considera que la expresión de la abundancia depende de las condiciones particulares de cada hábitat, por lo que la importancia de las especies debe ponderarse por la frecuencia con la que cada una de ellas ocupa una jerarquía de abundancia en el conjunto de estaciones (de la Cruz 1994). Dicha jerarquización se hace con la finalidad de contrarrestar el efecto que provocan muestras de distintos tamaños (con relación a la abundancia y a la riqueza específica), ya que influyen en distinta proporción sobre los cálculos de las relaciones entre las especies, por los valores extremos que pueden presentar (Cole 1949).

Para obtener este índice, las especies más abundantes por región (en cada temporada), fueron categorizadas en un rango de 1 a 10 determinado por su abundancia dentro de cada estación, sumando posteriormente los valores para determinar su importancia a nivel de la zona de estudio en conjunto. A la especie más abundante se le asignó el número 10, a la que está en segundo lugar de abundancia se le asignó el número 9 y así sucesivamente hasta designar el número 1 a la especie menos abundante (Sanders 1960). El IVB se define como:

$$IVB_i = \sum_{j=1}^z pun_{ij}$$

Donde:

$IVB_i$  = Índice de Valor Biológico de la especie  $i$

$J$  = localidad de muestreo desde la 1 hasta la  $z$

$pun_{ij}$  = "puntaje" de la especie  $i$  en la localidad  $j$  (de acuerdo con el orden de importancia de la especie  $i$  entre los primeros 10 lugares de la localidad  $j$ )

El IVB se calculó en distintas regiones en cada temporada (Tabla 2), derivadas de las principales diferencias significativas encontradas a través de los análisis de varianza PERMANOVA realizados con la composición de especies. Debido a que cada zona incluye un número distinto de estaciones, los valores máximos que puede alcanzar el IVB en cada una de ellas también varían (Tabla 2).

**Tabla 2. Regiones donde se calculó el IVB en cada temporada.**

Temporada	Región	No. estaciones	Valor máximo IVB
Invierno-primavera	Plataforma interna	12	120
Invierno-primavera	Plataforma media	12	120
Invierno-primavera	Plataforma externa	11	110
Verano-otoño	Continente-Norte	9	90
Verano-otoño	Continente-Sur	12	120
Verano-otoño	Península-Norte	3	30
Verano-otoño	Península-Sur	8	80
Verano-otoño	Península-Boca	3	30

## 6. Índices de diversidad

Alternativamente al cálculo de parámetros descriptores de las comunidades como la abundancia y la riqueza, se han diseñado numerosos índices de diversidad que consideran tanto el número de especies

como su importancia relativa dentro de la comunidad evaluada (Siqueiros 2005). El principal objetivo de dichos índices es reducir la complejidad multivariada de los conjuntos de datos en un número único, que es comparable y que puede ser estadísticamente manejado a través de análisis univariados (Clarke y Warwick 2001). Estos índices son buenos descriptores de las comunidades, ya que reflejan el nivel de complejidad de las asociaciones entre especies (Siqueiros 2005).

Basados en la abundancia y la riqueza, se calcularon el índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), el índice de equidad de Pielou ( $J'$ ) y el índice de distinción taxonómica ( $\Delta^+$ ) (Warwick y Clarke 1995), por estación, por temporada. Para dichos cálculos se utilizaron las matrices de abundancia bruta por especie por estación en ambas temporadas, y se utilizó el programa estadístico PRIMER v 6.0 (PRIMER-e, Ltd. Plymouth, RU).

### 6.1. Índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ )

El índice de Shannon-Wiener es uno de los más utilizados para cuantificar la biodiversidad específica, y uno de los más aplicados a la fauna de sedimentos marinos (Gray 1981). El índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. Conceptualmente es una medida del nivel de incertidumbre asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad (Pla 2006). El índice de Shannon-Wiener se define como:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Donde:

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

$S$  = número total de especies

$p_i$  = proporción de la especie  $i$  ( $n_i/N$ )

$N$  = número total de individuos

$n_i$  = abundancia de la especie  $i$

### 6.2. Índice de equidad de Pielou ( $J'$ )

La equidad ( $J'$ ) es considerada como una medida de diversidad relativa y su uso es recomendable como complemento al índice de diversidad de Shannon-Wiener. Indica qué tan uniformemente están distribuidos los individuos entre las especies. Con el valor obtenido se puede aportar información sobre la causa de cambios en los valores de diversidad observados, ya sea que se deban a un incremento en el número de especies o a una distribución más uniforme de los individuos por especie (Gray 1981). El índice mide la proporción entre la diversidad observada y la diversidad máxima esperada en la comunidad. El valor máximo de  $J'=1$  indica que los individuos están repartidos de forma equitativa entre las especies. Un valor cercano a cero indica una uniformidad baja, en la cual la mayoría de los individuos pertenecen a una misma especie (Pielou 1976). El índice de Pielou ( $J'$ ) está representado de la siguiente manera

$$J' = \frac{H'}{H_{max}}$$

Donde:

$J'$  = índice de equidad de Pielou

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

$H_{max}$  = diversidad máxima ( $\log_2 S$ )

$S$  = número total de especies

### 6.3. Índice de distinción taxonómica

Muchos índices de diversidad no toman en cuenta la abundancia relativa de las especies o el nivel taxonómico con el que dos especies están relacionadas. Para que una medida ecológica sea indicadora de la diferencia taxonómica en un ensamble natural de organismos, o en una muestra de ese ensamble, se debe incluir información sobre el número de individuos y el nivel taxonómico con el que están relacionados (Warwick y Clarke 1995), que necesariamente proporcionará información más detallada sobre la heterogeneidad de la diversidad de las comunidades. Bajo estas circunstancias, Warwick y Clarke (1995) desarrollaron un índice que estima la relación taxonómica de las especies en una muestra. Dicho índice está matemáticamente relacionado con la diversidad de Simpson, pero tiene un componente adicional de separación taxonómica. Dicho índice se denota como  $\Delta^+$  y conceptualmente puede ser definido como el promedio de las distancias taxonómicas entre cada par de especies en una muestra, ignorando las distancias entre individuos de la misma especie. Básicamente, valores bajos del índice indican la presencia de especies taxonómicamente muy relacionadas (mismo género), mientras que valores altos reflejan especies provenientes de grupos taxonómicamente distantes. El índice de distinción se expresa de la siguiente manera:

$$\Delta^+ = \frac{\sum w_k f_k}{\sum f_k}$$

Donde:

$\Delta^+$  = índice de distinción taxonómica

$k$  = número de jerarquías taxonómicas

$f_k$  = suma de productos cruzados de los conteos de todos los pares de especies relacionadas en el mismo nivel jerárquico

$w_k$  = distancias taxonómicas correspondientes a  $f_k$

### 6.4. Variaciones espaciales y temporales en los índices de diversidad

Para estimar el efecto simultáneo de los factores espaciales y temporales sobre los índices de diversidad calculados ( $H'$ ,  $J'$  y  $\Delta^+$ ), se realizaron análisis de varianza basados en permutaciones PERMANOVA, uno para cada temporada, partiendo de una matriz de similitud Bray-Curtis de los índices y utilizando el modelo experimental explicado en la Tabla 1. Tomando en cuenta los resultados de dicho análisis de varianza, se procedió a hacer un segundo análisis considerando únicamente el factor PLATAFORMA.

Adicionalmente, para analizar las variaciones de los índices calculados en la zona de estudio se realizaron diagramas de caja por temporada, incluyendo los valores promedio y las desviaciones estándar, haciendo uso del programa STATISTICA (versión 7.0). Para el índice de diversidad de Shannon-Wiener y el índice de equidad de Pielou, dichas gráficas se realizaron tomando en cuenta los niveles de la plataforma continental, mientras que para el índice de distinción taxonómica se hicieron considerando la división latitudinal del golfo. Los factores espaciales elegidos para hacer los diagramas

de caja se escogieron por ser los únicos en los que las variables correspondientes presentaron diferencias significativas. Para evaluar las diferencias significativas entre los niveles de los factores mencionados se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis.

## **7. Relaciones fauna-ambiente**

Para examinar la medida en que las variables ambientales están relacionadas con los patrones bióticos observados, se realizó un procedimiento no paramétrico conocido como BIO-ENV (Clarke y Ainsworth 1993). Este análisis calcula los valores de correlación entre una matriz de similitud derivada de datos biológicos y una matriz derivada de subconjuntos de variables ambientales, somete a prueba la hipótesis nula de no correlación usando permutaciones (Clarke *et al.* 2008) y define así conjuntos de variables más cercanamente correlacionadas con la estructura biótica observada (Olsgard *et al.* 1997).

La lógica del BIO-ENV tiene la suposición subyacente de que los patrones faunísticos son función de variaciones en las condiciones ambientales, y que cambios en el ambiente pueden provocar respuestas detectables en la fauna. Esto implica que si determinado número de estaciones dentro de la misma área geográfica está expuesto a las mismas variables ambientales, se espera un alto grado de similitud faunística entre estaciones. Aunque la validez de esta asunción puede ser cuestionada, cambios mayores en las variables ambientales pueden resultar en cambios detectables en la composición faunística (Olsgard *et al.* 1997).

La medida en que estos dos patrones coinciden refleja el nivel en el que las variables ambientales elegidas explican el patrón biótico (Clarke *et al.* 2008). BIO-ENV lleva a cabo una búsqueda completa de todas las combinaciones posibles de variables ambientales. Para este análisis se partió de la matriz de similitud Bray-Curtis obtenida a partir de las abundancias estandarizadas y transformadas (raíz cuarta) y de la matriz de variables ambientales normalizadas (profundidad, temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, porcentaje de materia orgánica y porcentaje de arena), usando el programa PRIMER v 6.0 (PRIMER-e, Ltd. Plymouth, RU). Dicho procedimiento se repitió para cada temporada.

## **8. Suficiencia taxonómica**

Los métodos para conseguir un ahorro o reducción de esfuerzo-tiempo en estudios bentónicos marinos se han enfocado en utilizar un menor nivel de especialización taxonómica, aplicando el concepto de suficiencia taxonómica. El conocimiento y la utilización de dicho principio soluciona, sin pérdida apreciable de rigor estadístico, dos de los problemas más habituales presentes en los estudios de macrofauna bentónica: en primer lugar, se ahorra mucho tiempo al eludirse la determinación de los organismos hasta niveles taxonómicos inferiores y, en segundo lugar, no se necesitan especialistas ni material específico para determinar con absoluta precisión a los organismos hasta el nivel exigido (Garmendia y Mora 2007).

Algunos trabajos han considerado la utilidad del análisis de datos biológicos a niveles taxonómicos superiores usando análisis univariados como los índices de diversidad. Sin embargo, los índices univariados frecuentemente fallan en identificar cualquier impacto o gradiente de contaminación, mientras que los métodos multivariados son más sensibles al discriminar entre estaciones o tiempos (Kingston y Riddle 1989; Gray *et al.* 1990; Warwick y Clarke 1991; Olsgard 1993; Olsgard y Gray 1995, entre otros).

Estudios en los que a través de datos multivariados se han comparado datos de abundancias de especies agregados a niveles taxonómicos superiores, se han basado principalmente en comparaciones simples y subjetivas, como la examinación visual de ordenaciones bidimensionales o dendrogramas (Somerfield y Clarke 1995). Como una alternativa, para visualizar las interrelaciones entre los patrones multivariados (matrices de similitud) de los datos de abundancias a distintos niveles taxonómicos, se pueden utilizar correlaciones entre matrices como similitudes de entrada para la creación de una ordenación MDS de segunda vuelta (2-STAGE). La distancia entre grupos taxonómicos en la ordenación reflejará el grado en el que las matrices de similitud están correlacionadas (Somerfield y Clarke 1995).

El objetivo del 2-STAGE realizado en este trabajo fue examinar los efectos del uso de abundancias a distintos niveles taxonómicos y del uso de distintas transformaciones al mismo tiempo. En primera instancia, para definir si es conveniente trabajar con la abundancia de este grupo de organismos con una resolución taxonómica menor y además para descartar que las transformaciones sean las responsables de las diferencias observadas entre los patrones bióticos multivariados, y no los niveles taxonómicos.

Los datos de abundancia de especies estandarizados fueron agregados a niveles taxonómicos de género y familia. Se construyeron matrices de similitud entre muestras utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis (Bray y Curtis 1957) y los siguientes tratamientos de los datos: sin transformación, raíz cuarta (transformación intermedia) y presencia/ausencia (transformación drástica). Las matrices resultantes fueron:

- a) Abundancias por especie sin transformación.
- b) Abundancias por especie transformación raíz-cuarta.
- c) Abundancias por especie transformación presencia/ausencia.
- d) Abundancias por género sin transformación.
- e) Abundancias por género transformación raíz-cuarta.
- f) Abundancias por género transformación presencia/ausencia.
- g) Abundancias por familia sin transformación.
- h) Abundancias por familia transformación raíz-cuarta.
- i) Abundancias por familia transformación presencia/ausencia.

La ordenación de los datos se hizo a través de un escalamiento multidimensional no métrico (nMDS). Los patrones multivariados resultantes fueron comparados utilizando el método de Somerfield y Clarke (1995), por lo que los valores de correlación entre los elementos de los pares de matrices se convierten en elementos de una segunda matriz de similitud, que es utilizada como una matriz de entrada para un análisis MDS de segunda vuelta o 2-STAGE. (Olsgard *et al.* 1997).

La rutina calcula coeficientes de correlación de Spearman ( $\rho$ ) entre cada par de matrices. Dicho coeficiente define qué tanto coinciden los patrones de las muestras entre cada par de matrices, básicamente, dos matrices con la misma relación entre las muestras tienen un  $\rho$  cercano a 1, mientras que valores de  $\rho$  cercanos a 0 implican poca o ninguna correlación (Clarke y Warwick 2001). El criterio para tomar decisiones consiste en la cantidad de información que se pierde al agregar taxonómicamente la información de especies y al quitar peso a las abundancias a través de las distintas transformaciones (Guerra 2012 *com pers.*)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1. Caracterización del ambiente

El conjunto de variables ambientales analizado presentó diferencias significativas entre temporadas climáticas (Tabla 3), lo cual concuerda con la existencia de una marcada estacionalidad en el Golfo de California, detectada anteriormente por numerosos autores (Santamaría-del-Ángel *et al.* 1994; Thunell *et al.* 1994; Sancetta 1995; Bernal *et al.* 2001; García-Pámanes *et al.* 2011). Especialmente, las variables ambientales sólo presentaron diferencias batimétricas significativas (Tablas 3 y 4), pero no latitudinales ni entre ambas costas del golfo.

**Tabla 3. Resultados del análisis de varianza (PERMANOVA) ( $p < 0.05$ ) al evaluar el efecto de la ubicación geográfica y la estacionalidad sobre las variables ambientales en ambas temporadas.**

Factor	Pseudo-F	P	% variación
Temporada	5.13	<b>0.005</b>	8.73
Continental	0.17	0.931	0.00
Zona	1.63	0.198	3.42
Plataforma	11.19	<b>0.005</b>	32.32

La ausencia de diferencias latitudinales significativas (Tabla 4) no implica que las variables ambientales tengan valores similares a lo largo de todo el golfo, por el contrario, presentan una distribución tan heterogénea que no es posible detectar un patrón definido en su comportamiento (se observan valores muy distintos en zonas muy cercanas y viceversa). Por otro lado, aunque la topografía es muy distinta entre las costas continentales y las costas peninsulares (Tovilla 1991), las variables ambientales también presentan valores muy heterogéneos, asociados en muchas ocasiones a características fisiográficas locales, tales como la presencia de bahías o lagunas costeras, la desembocadura de ríos, la extensión de la plataforma continental, etc. De esa manera, lo anterior constituye un reflejo de la alta heterogeneidad del golfo.

**Tabla 4. Resultados del análisis de varianza (PERMANOVA) ( $p < 0.05$ ) al evaluar el efecto de la ubicación geográfica sobre las variables ambientales en cada temporada.**

Temporada	Factor	Pseudo-F	P	% Variación
Invierno-primavera	Continental	1.1815	0.301	1.5
	Zona	2.2486	0.0751	10.62
	Plataforma	3.3646	<b>0.0096</b>	26.48
Verano-otoño	Continental	0.41	0.8256	0
	Zona	1.5677	0.2061	4.46
	Plataforma	8.2332	<b>0.001</b>	41.24

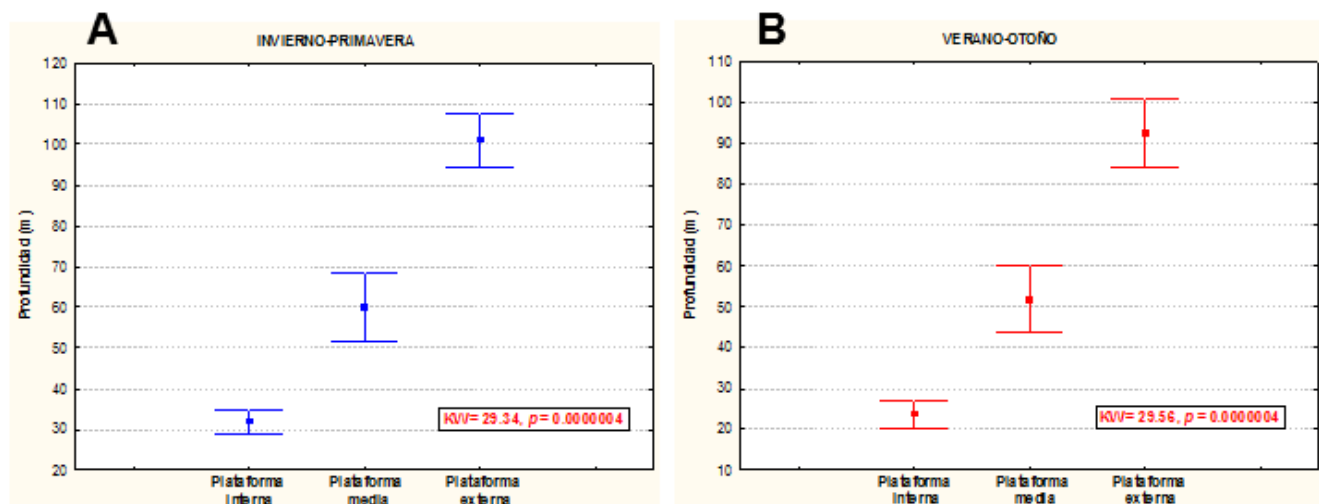
Por otro lado, el ulterior análisis de varianza mostró diferencias significativas entre los tres niveles de la plataforma continental (Tabla 5), lo cual refleja la potencial existencia de un marcado gradiente batimétrico en las condiciones ambientales, asociado a la distribución heterogénea de las propiedades en capas superficiales debido a la mezcla causada por el viento, a las corrientes (Roden 1958), etc.

**Tabla 5. Resultados de las pruebas pareadas ( $p < 0.05$ ) para evaluar la hipótesis nula de no diferencia en las variables ambientales entre los niveles de la plataforma para cada temporada.**

Temporada	Factor	Comparaciones	P
Invierno-Primavera	Plataforma	Interna-Media	<b>0.0487</b>
		Interna-Externa	<b>0.0001</b>
		Media-Externa	<b>0.0059</b>
Verano-Otoño	Plataforma	Interna-Media	<b>0.0035</b>
		Interna-Externa	<b>0.0001</b>
		Media-Externa	<b>0.0002</b>

### 1.1. Profundidad

Como se esperaba, se observó un claro aumento gradual de la profundidad desde la plataforma interna hacia la externa (Fig. 3A-B). De acuerdo con la prueba de Kruskal-Wallis, la división previamente mencionada para la plataforma continental es muy evidente, mostrando diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tres niveles: interna, media y externa. Tomando en cuenta los datos de ambas temporadas, en la plataforma interna se incluyeron estaciones con profundidades de entre 17 y 39 m, en la media con profundidades de entre 39 y 79 m (con excepción de dos estación con una profundidad de 26.3 y 32.9) y en la externa con profundidades de entre 80 y 120 m (con excepción de una estación localizada a 72.8 m).



**Figura 3. Promedios y desviaciones estándar de la profundidad (m) por nivel de la plataforma continental. A) Invierno-primavera. B) Verano-otoño.**

De acuerdo con Roden (1958), el Golfo de California podría ser dividido verticalmente en tres regiones: una capa superior somera (entre 20 y 40 m de profundidad), donde la distribución de las propiedades es bastante uniforme debido a la mezcla causada por los vientos; una segunda capa entre los 50 y 150 m que varía con la temporada y donde la temperatura, salinidad y concentración de oxígeno disminuyen rápidamente y una tercera capa profunda entre la termoclina y el fondo, donde las concentraciones permanecen bastante constantes de una temporada a otra. Sin embargo, con base en los resultados obtenidos en este estudio, se observaron diferencias entre los 40 y 80 m. y entre los 80 y 120 m. Debido a eso, para trabajos ulteriores, se podría considerar la adición de un nivel intermedio a la clasificación de Roden (1958), con la finalidad de realizar un estudio más preciso de las comunidades

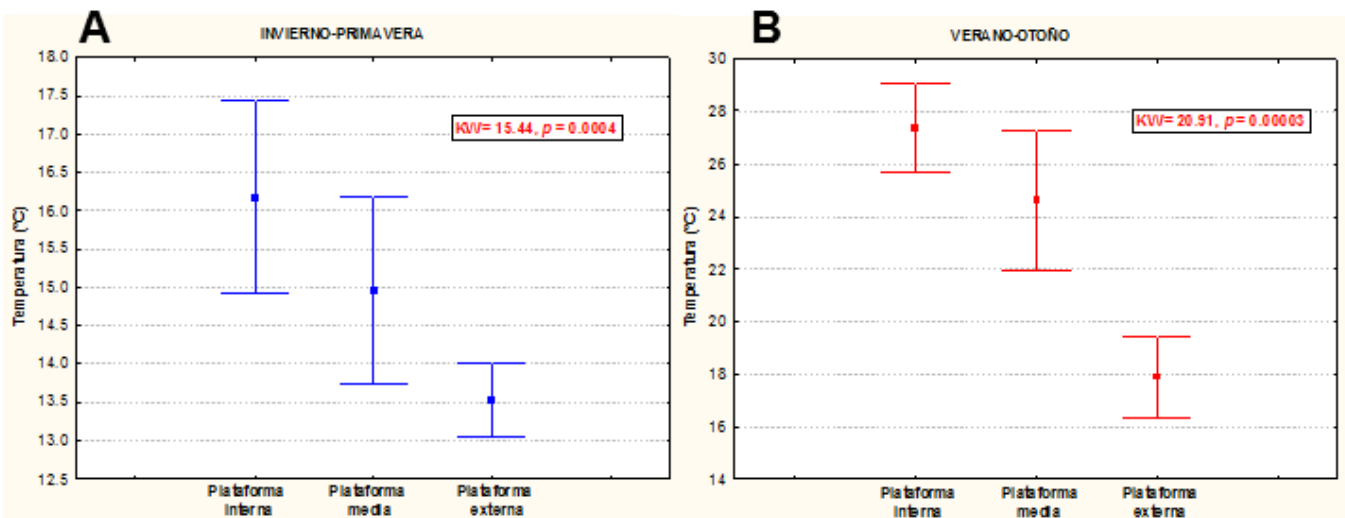


bentónicas de la plataforma continental, quedando la división de la siguiente manera: plataforma interna ( $Z < 40$  m), media ( $40 < Z < 80$  m) y externa ( $80 < Z < 120$  m). Como se mencionó anteriormente, algunas estaciones pueden salirse un poco de los rangos de profundidad mencionados, por lo que no se pueden establecer como límites infranqueables, pero pueden constituir una referencia útil para futuros muestreos.

Por otro lado, se observaron ligeras variaciones en la profundidad en todas la estaciones de una temporada a otra, ésta siempre fue mayor en invierno-primavera, presentando aumentos desde 0.4 hasta 16.3 m con respecto a verano-otoño. No obstante, lo anterior no puede atribuirse a ningún fenómeno físico causante de anomalías en el nivel del mar, ya que si éstas se llegan a presentar son del orden de centímetros (entre 15 y 20 cm) (Ripa 1997), sino a diferencias espaciales relacionadas con el posicionamiento de la embarcación al momento del muestreo.

## 1.2. Temperatura

En ambas temporadas se observó un descenso gradual en la temperatura desde la plataforma interna hacia la externa (Fig. 4A-B), ésta decrece monótonicamente con la profundidad, como lo hace en el Océano Pacífico adyacente (Álvarez-Borrego y Schwartzlose 1979). De acuerdo con Robinson (1973), la temperatura decrece rápidamente con la profundidad, aproximadamente a los 100 m se reduce a la mitad de la temperatura superficial y a las 150 m a la cuarta parte. En invierno-primavera se registró una temperatura promedio de  $16.2^{\circ}\text{C}$  en la plataforma interna ( $\sigma = 1.98$ ),  $15^{\circ}\text{C}$  en la media ( $\sigma = 1.91$ ) y  $13.5^{\circ}\text{C}$  en la externa ( $\sigma = 0.72$ ). En verano-otoño, en la plataforma interna se registró una temperatura promedio de  $27.4^{\circ}\text{C}$  ( $\sigma = 2.67$ ),  $24.6^{\circ}\text{C}$  en la plataforma media ( $\sigma = 4.16$ ) y  $17.9^{\circ}\text{C}$  en la plataforma externa ( $\sigma = 2.28$ ). En ambas temporadas, las menores variaciones en la temperatura se encontraron en la plataforma externa, ya que conforme aumenta la profundidad, las condiciones se van volviendo más homogéneas (Fig. 4A-B).



**Figura 4. Promedios y desviaciones estándar de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) por región de la plataforma continental. A) Invierno-primavera. B) Verano-otoño.**

En general, los valores inferiores de temperatura se registraron en invierno-primavera, oscilando entre  $12.7$  y  $21.3^{\circ}\text{C}$  ( $\bar{X} = 14.9^{\circ}\text{C}$ ,  $\sigma = 1.95^{\circ}\text{C}$ ). De acuerdo con Sverdrup (1941), las temperaturas mínimas se han registrado en enero y febrero y pueden llegar a ser de hasta  $9^{\circ}\text{C}$  (Nix 2010), sin embargo, dado que el muestreo se realizó en marzo, se registraron temperaturas un poco superiores a las mínimas

registradas para dicha temporada. En verano-otoño se registraron temperaturas superiores de entre 15.5 y 32°C ( $\bar{X} = 23.5^\circ\text{C}$ ,  $\sigma = 5.04^\circ\text{C}$ ). En el Golfo de California, las temperaturas superiores se han registrado en agosto y septiembre, y muestran de manera consistente un techo en sus valores máximos alrededor de los 31-32°C (Sverdrup 1941; Bernal *et al.* 2001), lo cual coincide con lo observado en este estudio. Dicho límite superior en la temperatura de dicha temporada se debe probablemente a una intensificación de los procesos de transferencia de calor latente a la atmósfera, a través de una mayor evaporación, y a la formación de nubes que potencian el albedo en la región (Bernal *et al.* 2001).

La temperatura muestra una mayor variabilidad en verano-otoño, contrario a lo observado por Bernal *et al.* (2001), que mencionan que las temperaturas en invierno muestran una mayor variabilidad, debido a que los vientos son más fuertes y la capa de mezcla es más profunda (hay mayor heterogeneidad en los valores). No obstante, el muestreo correspondiente a la temporada invierno-primavera se realizó en marzo, mes en el cual la intensidad del viento disminuye en todo el golfo, particularmente en las costas continentales (Páres-Sierra *et al.* 2003).

En invierno-primavera las temperaturas superiores se encontraron en las costas occidentales, al sur de la península de Baja California (por debajo de Punta Concepción) (Fig. 5A). Lo anterior puede deberse a que los vientos fríos que soplan desde el noroeste durante esta temporada producen una pérdida de calor de la capa de mezcla y generan surgencias importantes en las costas orientales, lo que, asociado a una menor insolación, produce una disminución en la temperatura en esa zona (Roden y Emilsson 1980; Bernal *et al.* 2001).

En verano-otoño, las temperaturas superiores se observaron en el extremo norte del golfo, como lo han registrado diversos autores (Argote *et al.* 1995; Soto-Mardones *et al.* 1999; Marinone y Lavin 2003), y en algunas regiones de las costas orientales (Fig. 5B). De acuerdo con Cano (1991a), durante esta temporada, las aguas más calientes se encuentran en las costas de Sonora y Sinaloa, mientras que las más frías se ubican en las costas de Baja California, donde se observan surgencias intensas, causadas por la influencia de los vientos que soplan desde el sureste. Durante esta temporada, también se observó un sutil gradiente de disminución de la temperatura desde el noroeste hacia el sureste (Fig. 5B) en el golfo superior, como lo registró Cano (1991a).

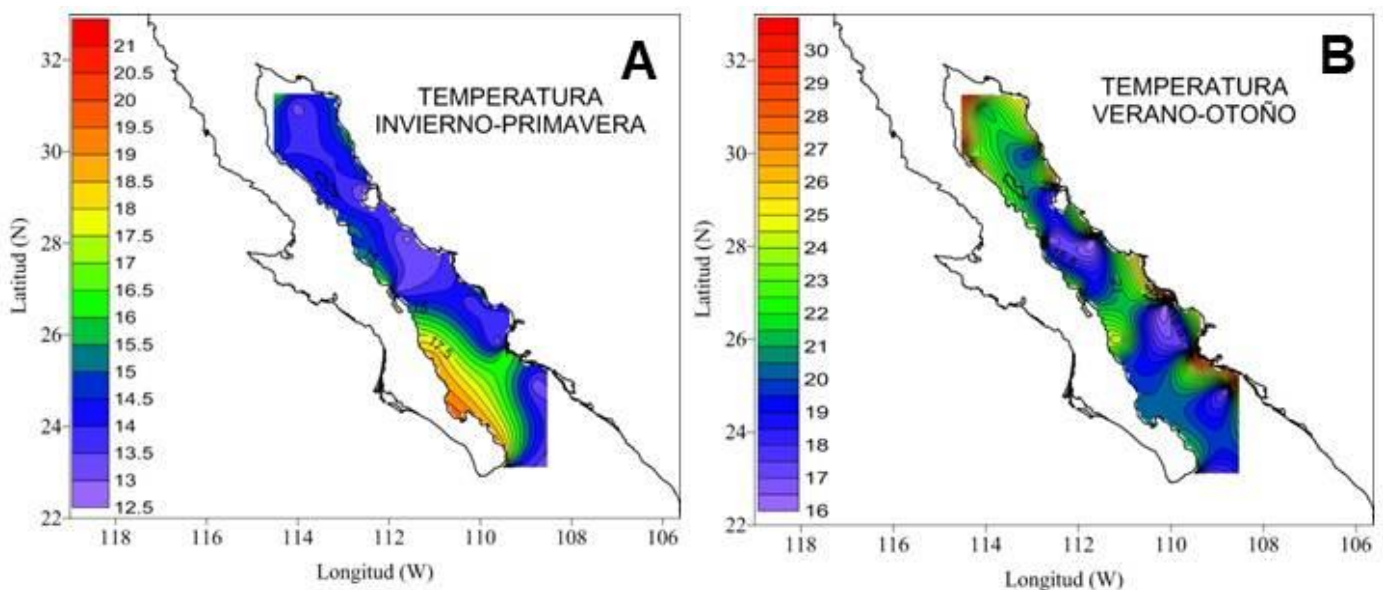


Figura 5. Distribución de la temperatura ( $^\circ\text{C}$ ) en el Golfo de California. A) Invierno-primavera. B) Verano-otoño.

La distribución de la temperatura refleja un flujo superficial saliente durante invierno-primavera en dirección noroeste-sureste, que se manifiesta en la extensión de aguas con temperaturas bajas hasta la región sur del golfo (cerca de la boca) (Fig. 5A). También refleja un flujo entrante durante el verano en dirección sureste-noroeste (Bray 1988), que se manifiesta con la intrusión de aguas superficiales con temperaturas más elevadas (entre 20 y 30°C) a través de la costa este (Álvarez-Sánchez *et al.* 1978). No obstante, este último patrón no es tan evidente (Fig. 5B), ya que las temperaturas medidas en este estudio corresponden a zonas más profundas, y durante esta temporada, también existen masas de agua entrantes en profundidades mayores con temperaturas inferiores a 20°C (Álvarez-Sánchez *et al.* 1978).

### 1.3. Salinidad

En invierno-primavera, la salinidad presentó un gradiente descendiente conforme aumentó la profundidad (Fig. 6A), evidenciando diferencias significativas entre los tres niveles de la plataforma a través de la prueba de Kruskal-Wallis ( $p < 0.05$ ) (Fig. 6A). En esta temporada, la salinidad disminuyó escasamente en todo el golfo en el perfil vertical (presentó variaciones menores a 0.5 ups entre niveles de la plataforma: plataforma interna  $\bar{X} = 35.3$ ,  $\sigma = 0.25$ ; plataforma media  $\bar{X} = 35.22$ ,  $\sigma = 0.24$ ; plataforma externa  $\bar{X} = 35.11$ ,  $\sigma = 0.15$ ), manifestando la presencia de diferentes masas de agua (Cano 1991b). De acuerdo con Roden y Emilsson (1980), la salinidad disminuye con la profundidad dentro del golfo, mientras que aumenta con la profundidad en el mar abierto adyacente. Esta situación prevalece gran parte del año, básicamente debido a que el agua que invade el golfo tiene valores de salinidad que disminuyen con la profundidad (Álvarez-Borrego y Schwartzlose 1979); sin embargo, esto sólo se pudo observar en invierno-primavera (Fig. 6A). En verano-otoño ningún gradiente fue observado y no hubo diferencias significativas en la salinidad entre niveles de la plataforma ( $p > 0.05$ ) (plataforma interna  $\bar{X} = 34.9$ ,  $\sigma = 1.29$ ; plataforma media  $\bar{X} = 34.9$ ,  $\sigma = 1.19$ ; plataforma externa  $\bar{X} = 35.19$ ,  $\sigma = 0.6$ ) (Fig. 6B). Por otro lado, las variaciones fueron mucho mayores en la plataforma interna y en la media (superiores a los 3 ups) (Fig. 6B). Durante esta temporada se registran condiciones distintas, donde la salinidad tiende a aumentar con la profundidad (Cano 1991a).

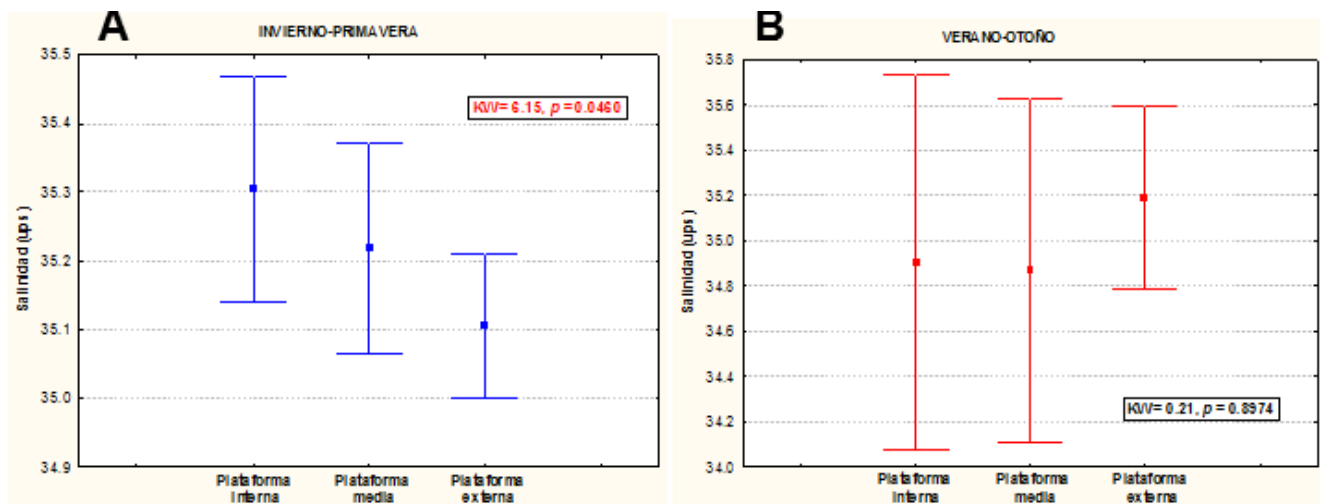
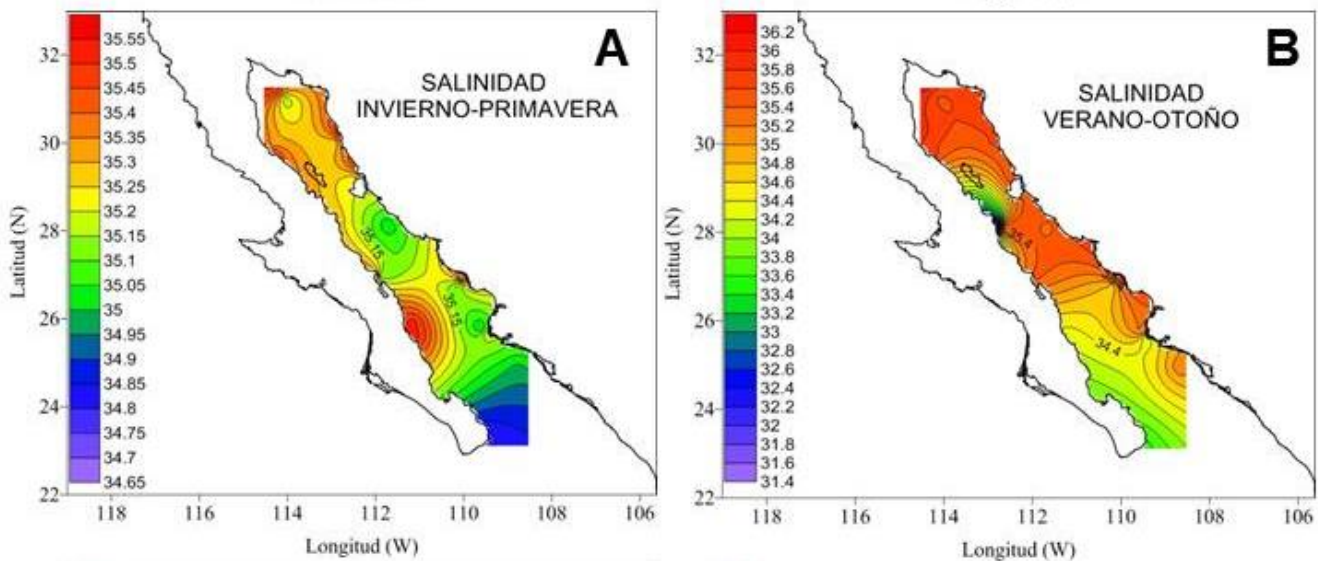


Figura 6. Promedios y desviaciones estándar de la salinidad (ups) por región de la plataforma continental. A) Invierno-primavera. B) Verano-otoño.

La salinidad promedio en invierno-primavera fue de 35.21 ups ( $\sigma = 0.23$ ), mientras que en verano-otoño fue de 35 ups ( $\sigma = 1.06$ ). Los valores fueron similares en ambas temporadas, pero se observó una mayor variabilidad en verano-otoño. En ambas temporadas, los valores más altos de salinidad se

encontraron en la cabeza del golfo (Fig. 7): hasta 35.54 ups en invierno-primavera y hasta 36.06 ups en verano-otoño. En invierno-primavera se observaron hasta el norte de Isla Tiburón en las costas orientales y hasta el sur de la isla Ángel de la Guarda en las costas occidentales (Fig. 7A). En verano-otoño, la distribución de los valores altos se extendió más hacia el sur, aproximadamente hasta los 26° de latitud: hasta Punta Ahome en el sureste y hasta Punta Concepción en el suroeste (Fig. 7B). El extremo norte del golfo se caracteriza por ser una cuenca poco profunda y semicerrada, cuyas altas tasas de evaporación provocan altas salinidades (Bray 1988; Lavín y Organista 1988). Altos valores de salinidad también se registraron en otros puntos como Bahía Concepción y el sistema lagunar de Guaymas (Fig. 7B), que también son zonas someras protegidas donde la evaporación es elevada.

Antes de la construcción de la presa Hoover en 1935, las salinidades eran menores en la porción norte del golfo, por la descarga del Río Colorado. En la actualidad, al verse reducido el aporte fluvial, la marea se introduce, se evapora y se forman costras de sal, que en la siguiente marea se redisuelven y regresan al mar en el reflujó, incrementando la salinidad en el delta, que puede llegar a alcanzar hasta 40 ups durante el verano o más (Álvarez y Galindo 1974; Case y Cody 1983).



**Figura 7. Distribución de la salinidad (ups) en el Golfo de California. A) Invierno-primavera. B) Verano-otoño.**

En ambas temporadas se observó un gradiente latitudinal de disminución de la salinidad de norte a sur dentro del golfo (aunque con pequeñas variaciones locales). Al igual que menciona Cano (1991a), la salinidad se incrementa desde la entrada del golfo hacia la desembocadura del Río Colorado, aunque la variación es generalmente pequeña. Lo anterior está relacionado con un flujo neto de sal en la misma dirección (de norte a sur) provocado por un exceso de evaporación sobre la precipitación y el escurrimiento (Roden y Emilsson (1980). Esto conduce a la formación de una capa superficial de alta salinidad, creando al mismo tiempo un flujo de sal en la superficie que afecta la circulación termohalina. Contrario a la distribución superficial de la temperatura, la salinidad no muestra una inversión en función de la temporada del año, sino que generalmente presenta la misma variación monótonica con aumentos de sureste a noroeste (Fig. 7A-B) (Cano 1991a).

Como ya se mencionó, los valores más bajos de salinidad (<35 ups) se observaron en el sur del golfo en ambas temporadas (Fig. 7A-B). En invierno-primavera dichos valores se observan aproximadamente hasta los 24.5° de latitud (Fig. 7A), mientras que en verano-otoño se extienden hasta aproximadamente los 26° de latitud (Fig. 7B). Lo anterior es consecuencia del flujo entrante de Agua Superficial Ecuatorial (ASE), que tiene una baja salinidad (<35 ups), se extiende desde la superficie hasta

aproximadamente 50 m de profundidad, proviene del Océano Pacífico y es transportada hacia el norte del golfo a lo largo de las costas occidentales (Zamudio *et al.* 2011). La extensión de la ASE es estacional, tiene una máxima intrusión en verano (Fig. 7B) y un mayor retraimiento en invierno, cuando se localiza únicamente en la boca (Fig. 7A) (Lavín *et al.* 1997).

La estructura de la distribución de la salinidad en la boca del golfo es extremadamente compleja (Roden y Emilsson 1980), ya que surge de la mezcla de tres distintas masas de agua en la capa superior. El flujo saliente hacia el sur del golfo acarrea agua de alta salinidad (35 ups), mientras que la Corriente de California transporta agua hacia el sureste de baja salinidad (33.6-34 ups). Estas dos masas de agua se confrontan en las cercanías de Cabo San Lucas. Por otro lado, la Corriente Norecuatorial que proviene del sur de México, conduce hacia el noroeste aguas de baja salinidad, esta masa es la más ligera y fluye sobre las demás. Las tres masas de agua pierden sus características en la parte norte de dicha provincia. El agua del golfo se desplaza hacia el sur y se vuelve menos salina por aumento de la precipitación y por la mezcla con aguas aledañas de salinidad más baja (Cano 1991).

### 1.4. Oxígeno disuelto

Al igual que la temperatura, la concentración de oxígeno disuelto presentó una disminución gradual desde la plataforma interna hacia la externa en ambas temporadas, mostrando diferencias batimétricas significativas en su distribución ( $p < 0.05$ ) (Fig. 8). Generalmente, cerca de la superficie del mar se encuentran las mayores concentraciones de oxígeno disuelto (entre 3 y 6 ml/l), debido al intercambio de gases con la atmósfera, a procesos turbulentos y a la producción de oxígeno por parte del fitoplancton. Dichas concentraciones disminuyen conforme aumenta la profundidad, llegando a alcanzar valores cercanos a cero (Serrano 2012). En invierno-primavera, las concentraciones de oxígeno disuelto en cada nivel de la plataforma fueron inferiores (plataforma interna  $\bar{X} = 4.1$ ,  $\sigma = 1.47$ ; plataforma media  $\bar{X} = 2.54$ ,  $\sigma = 1.42$ ; plataforma externa  $\bar{X} = 1.56$ ,  $\sigma = 0.71$ ) (Fig. 8A) a las registradas en verano-otoño (plataforma interna  $\bar{X} = 4.3$ ,  $\sigma = 0.41$ ; plataforma media  $\bar{X} = 3.5$ ,  $\sigma = 0.68$ ; plataforma externa  $\bar{X} = 2.27$ ,  $\sigma = 0.70$ ) (Fig. 8B). Sin embargo, en invierno-primavera, los valores presentaron mayor variabilidad, asociada a una mayor intensidad en los vientos durante esa temporada, que llegan a alcanzar valores de entre 8 y 12  $\text{m/s}^{-1}$  (Roden 1964; Lavín *et al.* 1997) y que provocan que la capa de mezcla sea más profunda.

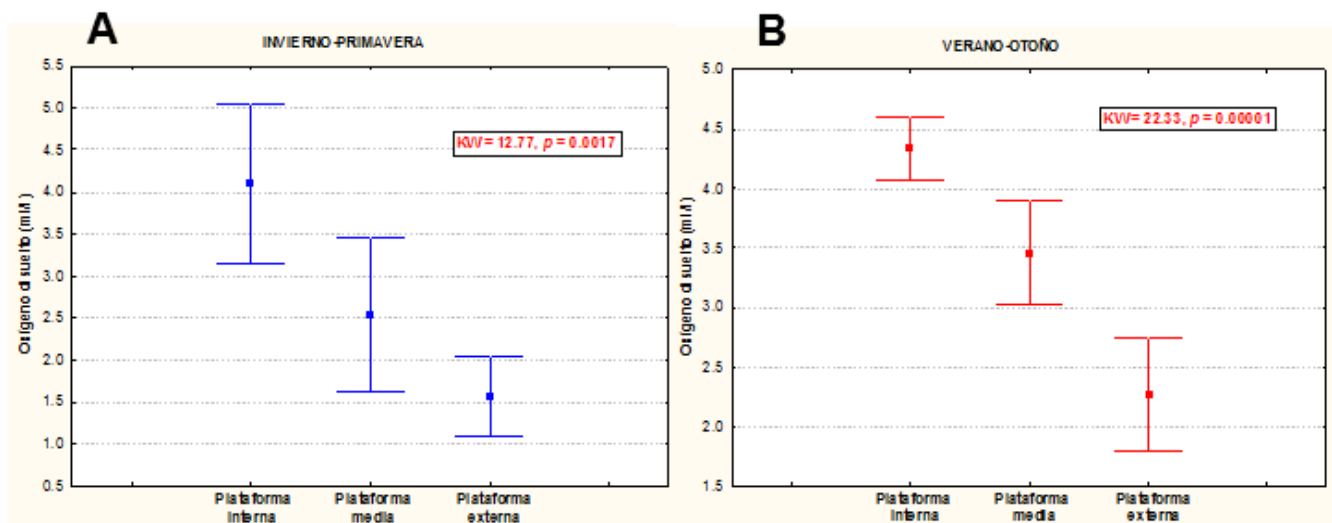


Figura 8. Promedio y desviación estándar de la concentración de oxígeno disuelto (ml/l) por nivel de la plataforma continental. A) Invierno-primavera. B) Verano-otoño.

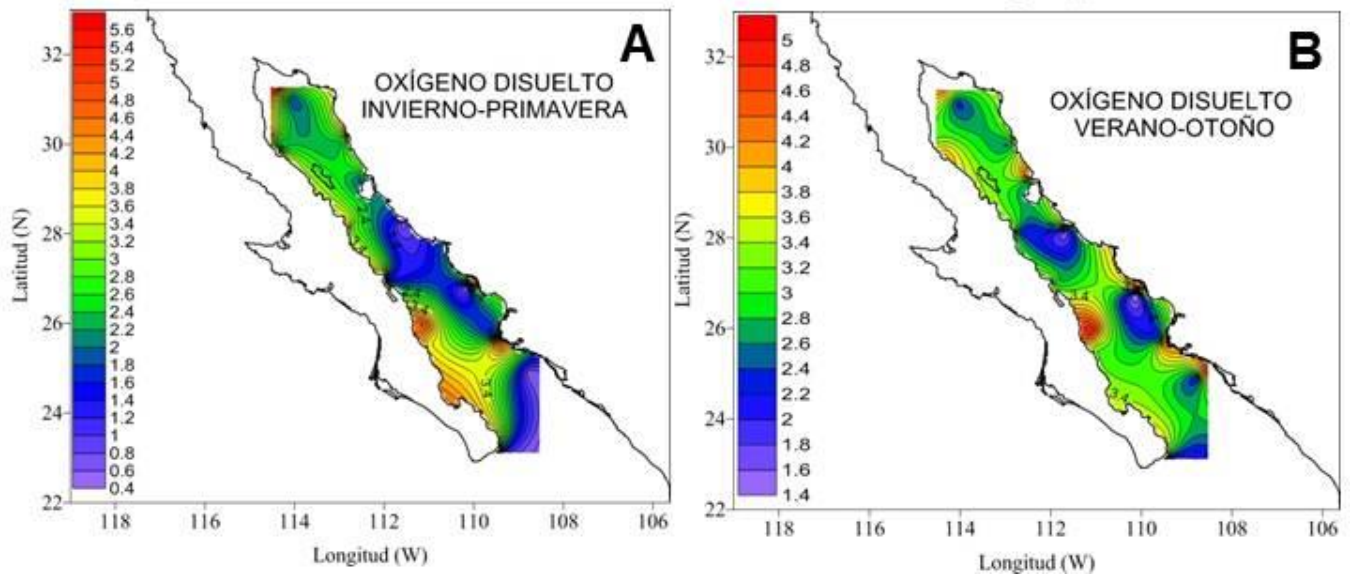


Generalmente, la concentración de oxígeno es inversamente proporcional a la temperatura (Ross 1977), sin embargo, en este estudio se observó que ambas variables tienen un comportamiento similar, es decir, los valores de ambos disminuyeron conforme aumentó la profundidad (Figs. 5 y 9). No obstante, como se mencionó anteriormente, la cantidad de oxígeno presente en el agua puede ser afectada por la salinidad, la presión e incluso por procesos de fotosíntesis y respiración, además de la temperatura (Ross 1977). En el Golfo de California, las concentraciones de oxígeno disuelto son generalmente elevadas en capas superficiales debido al movimiento y mezcla de diversas masas de agua, así como por el intercambio continuo de gases entre el mar y la atmósfera (Hernández-Alcántara 2002).

En general, el promedio de las concentraciones de oxígeno disuelto fue superior en verano-otoño ( $\bar{X} = 3.4$ ;  $\sigma = 1.03$ ) que en invierno-primavera ( $\bar{X} = 2.77$ ;  $\sigma = 1.62$ ), y al igual que en el perfil vertical, la variación en dichos valores fue mayor en esta última temporada. A pesar de que el promedio más bajo se observó en invierno-primavera, los valores más altos ( $>5$  ml/l) se registraron en la misma. Algunos autores mencionan que durante el invierno se pueden alcanzar valores por encima de 5.6 ml/l en el Golfo de California, debido fundamentalmente a las bajas temperaturas (Álvarez-Borrego *et al.* 1975), que provocan un aumento en la solubilidad de dicho gas. Algunos de los valores superiores se observaron en el extremo norte del golfo (Fig. 9A), como resultado del sistema de circulación de la zona y de la dirección de los vientos, así como del movimiento convectivo en el golfo superior que constituye un mecanismo de aereación para las capas más profundas (Álvarez-Borrego y Galindo-Bert 1976; Álvarez-Borrego *et al.* 1975). El incremento en las concentraciones de oxígeno en esta zona también está relacionado con el aumento en la actividad fotosintética durante la primavera, de acuerdo con algunos autores (Roden y Groves 1959; Roden y Emilsson 1980), se pueden alcanzar concentraciones de hasta 6.5 ml/l (el valor máximo observado en este estudio fue de 5.4 ml/l), que descienden hasta 4.5 ml/l durante el verano (Fig. 9B). Dicho descenso en las concentraciones de oxígeno también puede estar relacionado con el aumento en la temperatura durante verano-otoño.

Durante invierno-primavera también se registraron concentraciones altas de oxígeno en el suroeste del golfo (Fig. 9A). De acuerdo con Hernández-Alcántara (2002), dicha condición está asociada a la influencia del Agua del Golfo de California (AGC), rica en oxígeno, que proviene del norte y fluye hacia el sur por el margen occidental y a la dismunición en el consumo del gas por parte de la fauna existente, ya que frente a las costas peninsulares se registró un número menor de organismos que en el margen continental.

Por otro lado, en invierno-primavera también se registraron las concentraciones más bajas de oxígeno disuelto, cerca del 50% de las estaciones presentó valores inferiores a 2 ml/l (en verano-otoño sólo tres estaciones presentaron dicha condición), la mayoría correspondientes a la plataforma media y externa y a las costas orientales (Fig. 9A). Dichos valores están asociados a un evento de surgencia importante que ocurre en las costas orientales del golfo durante esa temporada (centro y sur de las costas de Sonora), ya que acarrea masas de agua con bajas temperaturas, altas salinidades y bajo contenido de oxígeno (Meadows y Campbell 1978; Barnes y Mann 1998). Cabe mencionar que en esa zona, principalmente al norte de Mazatlán, también existe una zona de oxígeno mínimo muy cercana a la costa que se puede llegar a presentar desde los 60 m (Parker 1964), lo cual quizás pueda explicar los valores inferiores a 1 ml/l que se encontraron en cuatro estaciones de esa zona.



**Figura 9. Distribución del oxígeno disuelto (ml/l) en el Golfo de California. A) Invierno-primavera. B) Verano-otoño.**

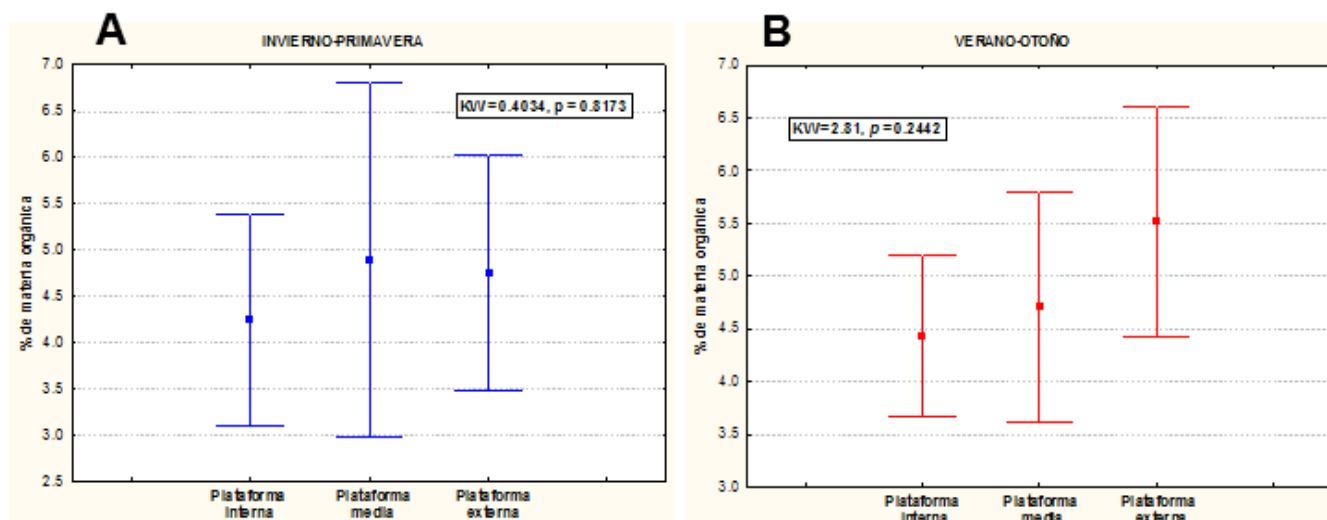
Durante verano-otoño, las concentraciones superiores de oxígeno disuelto se observaron en pequeñas zonas dispersas principalmente en el sur del golfo (Fig. 9B). Por otro lado, no se distinguieron concentraciones de oxígeno particularmente bajas en el suroeste del mismo (Fig. 9B), zona donde se presentan surgencias durante dicha temporada, ya que estos eventos son menos intensos debido a la presencia de una termoclina más profunda, a vientos más débiles y a la presencia de una plataforma continental estrecha (Lluch-Cota 2000). Durante esta temporada, la concentración de oxígeno disuelto y principalmente su distribución varían por diversas razones. Entre ellas, se encuentra el periodo de lluvias, que trae consigo una influencia pluvial y fluvial. Los registros superficiales marcan contenidos de 4.35 a 4.9 ml/l (Alvarez-Borrego y Galindo-Bect 1976), y en este estudio se registraron valores desde 3.59 hasta 5.06 ml/l.

Cabe mencionar que la distribución superficial de oxígeno no es uniforme a lo largo del año como la de la temperatura y la de la salinidad, por lo que aparte del gradiente descendiente vertical, no se pudo detectar ninguna otra tendencia en las concentraciones de oxígeno a lo largo del golfo

### 1.5. Porcentaje de materia orgánica

El porcentaje de materia orgánica en los sedimentos no presentó ningún patrón de variación definido con respecto a la profundidad en ninguna de las dos temporadas (Fig. 10). En invierno-primavera los valores superiores se encontraron en la plataforma media ( $\bar{X} = 4.9$ ;  $\sigma = 2.48$ ) (Fig. 10A), y fueron mucho más variables que en los otros niveles (plataforma interna:  $\bar{X} = 4.2$ ;  $\sigma = 1.69$ ; plataforma externa:  $\bar{X} = 4.8$ ;  $\sigma = 1.64$ ), mientras que en verano-otoño los valores más altos se registraron en la plataforma externa ( $\bar{X} = 5.52$ ;  $\sigma = 1.62$ ) (plataforma interna:  $\bar{X} = 4.4$ ;  $\sigma = 1.19$ ; plataforma media:  $\bar{X} = 4.7$ ;  $\sigma = 1.71$ ) (Fig. 10B).

Generalmente, el patrón de distribución de la concentración de materia orgánica en los sedimentos se caracteriza por un incremento continuo hacia afuera de la costa, encontrándose mayores concentraciones en sedimentos más profundos (Secieru y Oaie 2009). Sin embargo, esta tendencia sólo fue más o menos distinguible en verano-otoño (Fig. 10B).



**Figura 10. Promedio y desviación estándar del porcentaje de materia orgánica por nivel de la plataforma continental. A) Invierno-primavera. B) Verano-otoño.**

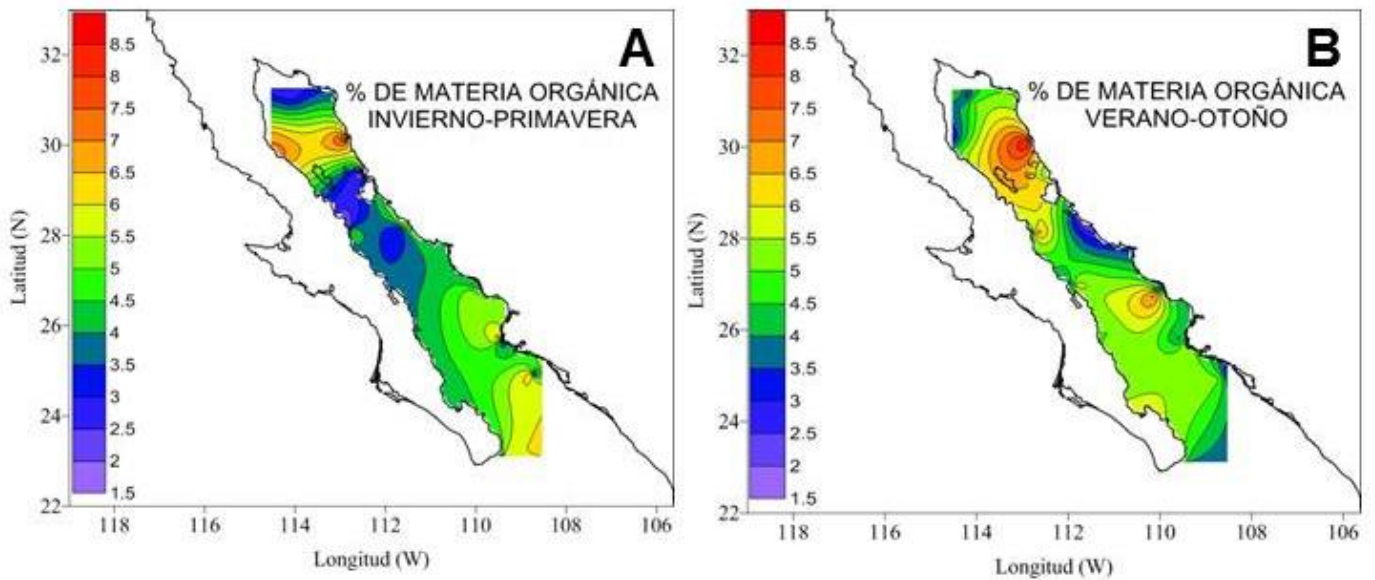
Los porcentajes de materia orgánica registrados fueron similares en ambas temporadas, en invierno-primavera se observó un promedio de 4.6% ( $\sigma = 1.91\%$ ) y en verano-otoño de 4.9% ( $\sigma = 1.55\%$ ). La variabilidad fue ligeramente mayor en invierno-primavera.

En invierno-primavera, los valores más altos de materia orgánica ( $\geq 6.5\%$ ) se registraron principalmente en la región norte del golfo (al norte del sistema de las grandes islas) (Fig. 11A). Estos altos porcentajes pueden estar asociados a un incremento en la productividad en esa zona durante la primavera, con la consecuente entrada de nutrientes a través de dicha fuente (Secrieru y Oaie 2009). Por otro lado, las descargas provenientes del Río Concepción también pueden contribuir con un aporte considerable de materia orgánica en la costa oriental. Los valores más bajos durante esta temporada ( $< 4\%$ ) también se encontraron en la región norte, pero más cerca de la desembocadura del Río Colorado, y en las costas occidentales de la región central (un poco al norte de Isla Tiburón y extendiéndose hacia el sur hasta aproximadamente los  $26^\circ$  de latitud N) (Fig. 11A) donde el aporte fluvial de materia orgánica es prácticamente nulo.

González-Farías *et al.* (1986) efectuaron estimaciones de materia orgánica particulada en la columna de agua a lo largo del golfo y registraron valores mayores en la región este del mismo, en este estudio se observaron valores intermedios, principalmente en la región sur (Fig. 11A), debido a que durante esta época ocurren fenómenos de surgencias en ese extremo (Roden y Groves 1959; Badan-Dangon *et al.* 1985), particularmente en la costa de Sinaloa y en la Cuenca de Guaymas.

En verano-otoño, los valores más altos de materia orgánica ( $\geq 6.5\%$ ) se encontraron principalmente en dos zonas: la primera en el norte del golfo (en las vecindades del sistema de las grandes islas) y la segunda en el sur del golfo (Fig. 11B). Los valores más bajos ( $< 4\%$ ) se observaron en la cabeza del golfo, al igual que en la temporada anterior y en la costa oriental de la región central del golfo, desde Punta Quino hasta la Laguna de San Juan, aproximadamente (Fig. 11B).





**Figura 11. Distribución del porcentaje de materia orgánica en el Golfo de California. A) Invierno-primavera. B) Verano-otoño.**

De acuerdo con Thomson (1968), en el alto golfo, la materia orgánica particulada removida de los fondos y de origen continental es muy evidente durante todo el año, como se pudo observar en este estudio, ya que los porcentajes superiores se encontraron en el extremo norte en ambas temporadas, aunque con distribuciones un poco distintas (Fig. 11), debido a las fuertes variaciones en el rango de las mareas y las corrientes generadas por la dinámica oceánica en esa zona. De acuerdo con Lepley *et al.* (1975), los valores superiores de materia orgánica observados en la porción norte del golfo también pueden estar relacionados con la existencia de surgencias locales en esa zona.

Los bajos porcentajes de materia orgánica en ambas temporadas en la cabeza del golfo (Fig. 11) pueden estar relacionados con la disminución del flujo del Río Colorado a partir de la construcción de la presa Hoover, ya que éste constituía una fuente importante de materia orgánica en la región (Álvarez y Galindo 1974; Case y Cody 1983). Cabe mencionar que en verano-otoño, las concentraciones en dicha zona son bajas, pero ligeramente superiores a las que se observaron en invierno-primavera, ya que el caudal del Río Colorado es sólo apreciable durante otoño, cuando se presentan lluvias en la zona (Thomson 1968), por lo que sus valores se incrementan un poco.

La distribución de materia orgánica en el Golfo de California está relacionada con la dinámica del aporte externo e interno al sistema, así como a la actividad biológica. El primero contribuye a través del arrastre de los ríos y el viento, con una gran cantidad de sólidos en suspensión (Nichols 1966; Green 1968). Una porción considerable de materia orgánica ingresa al medio por vía fluvial (Martín 1968), ya que el Golfo de California tiene un intercambio constante con los esteros y lagunas costeras (González-Farías 1985). En lo que corresponde a la zona continental, abundan cuerpos de agua como marismas, esteros y lagunas, las cuales aportan cantidades significativas de materia orgánica particulada, principalmente durante la época de lluvias (Round 1967). Por otro lado, el transporte a través del viento también juega un papel fundamental, principalmente en las zonas áridas de la costa de Sonora y Baja California (Tovilla 1991). El segundo resulta de los procesos biológicos de los florecimientos fitoplanctónicos en mayor o menor magnitud, de acuerdo a la concentración de nutrientes disponibles estacionalmente (Nichols 1966; Green 1968).

En general, los porcentajes de materia orgánica son muy heterogéneos a lo largo del Golfo de California, y a pesar de que se detectaron algunas particularidades con respecto a los valores más altos y a los más bajos en ambas temporadas, no se pudo distinguir ninguna tendencia definida en su distribución, ni vertical ni horizontal.

### 1.6. Porcentaje de arena

Al igual que la materia orgánica, el porcentaje de arena no presentó diferencias batimétricas significativas en ninguna de las dos temporadas ( $p > 0.05$ ) (Fig. 12). Los valores superiores se observaron en la plataforma interna en ambas temporadas, y la variación en sus valores fue mayor en la plataforma media durante invierno-primavera ( $\sigma = 26.1\%$ ) (Fig. 12A) y en la externa durante verano-otoño ( $\sigma = 27.5\%$ ) (Fig. 12B).

Cabe mencionar que ambas variables muestran tendencias opuestas, es decir, a menores porcentajes de arena se observaron mayores porcentajes de materia orgánica y viceversa (Figs. 10 y 12). Lo anterior es más evidente en verano-otoño, donde se observa un aparente aumento gradual de materia orgánica desde la plataforma interna hacia la externa (Fig. 10B) y una disminución en el porcentaje de arena en el mismo sentido (Fig. 12B). Esto se debe a que aquellas estaciones que tienen un menor porcentaje de arena poseen una fracción mayor de sedimentos finos (limos y arcillas), y la concentración de materia orgánica tiene una relación lineal (Bergamaschi *et al.* 1997) o exponencial (Magni *et al.* 2008) con la fracción fina de los sedimentos. La estrecha relación entre ambos componentes se puede explicar por la capacidad de las partículas finas de impedir la difusión del oxígeno dentro de los sedimentos, favoreciendo la preservación de la materia orgánica (Secrieru y Oaie 2009).

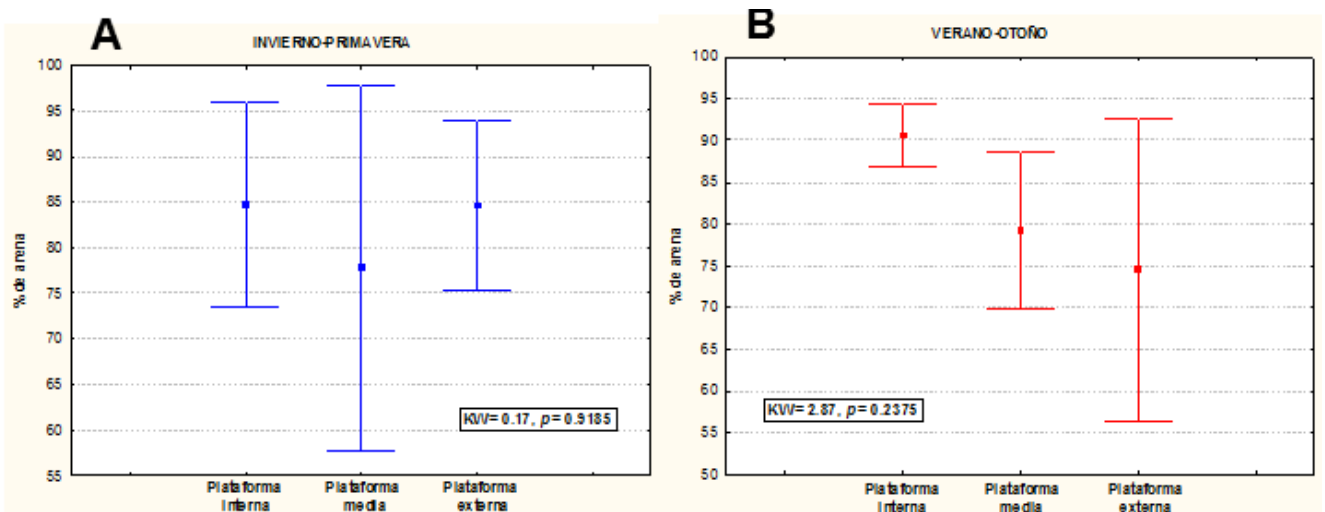


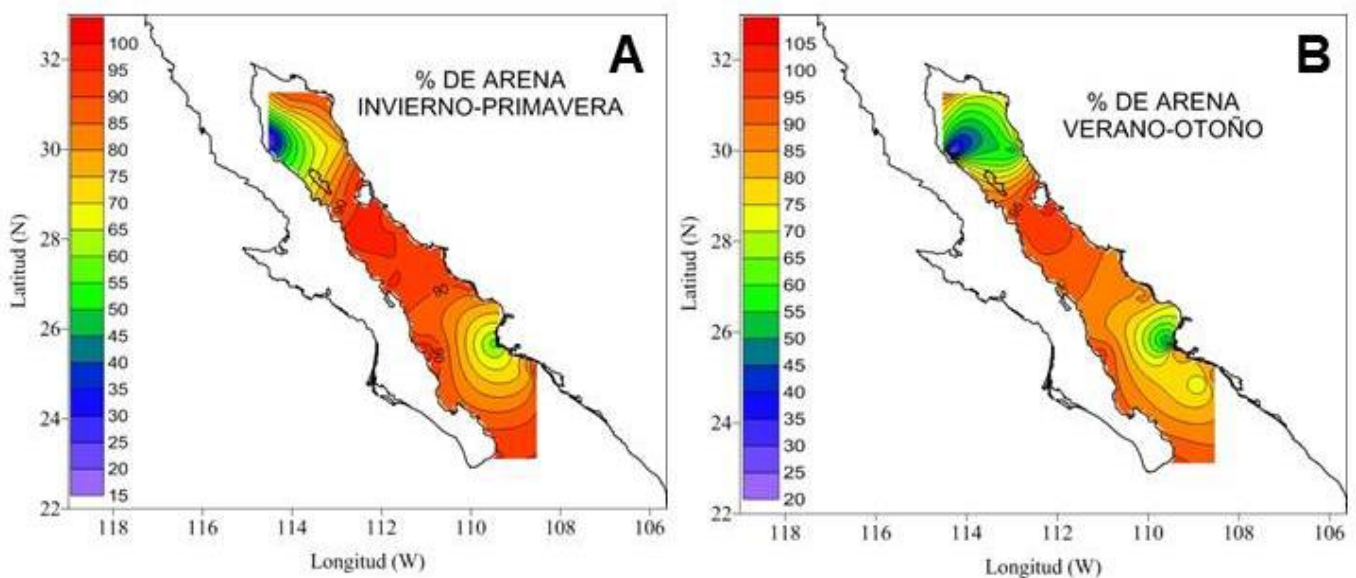
Figura 12. Promedio y desviación estándar del porcentaje de arena por región de la plataforma continental. A) Invierno-primavera. B) Verano-otoño.

Las proporciones de arena en los sedimentos del golfo son muy heterogéneas, ya que se observaron porcentajes muy variables, desde 16 hasta 99%. Sin embargo, aparentemente dichos porcentajes se mantienen más o menos constantes a lo largo del año, ya que en ambas temporadas se observaron valores parecidos y una distribución similar de los mismos (Fig. 13). En invierno-primavera se registró un promedio de 82.55% ( $\sigma = 18.65\%$ ) y en verano otoño de 81.7% ( $\sigma = 18.52\%$ ). Durante ambas temporadas se identificaron dos zonas donde los porcentajes de arena son más bajos con respecto al resto del golfo: la primera corresponde a la porción norte del mismo, principalmente en las costas occidentales, donde se registraron valores de entre 16 y 50%, que aumentaron hacia la costa oriental del

golfo (Fig. 13). De acuerdo con Carranza-Edwards *et al.* (1975), lo anterior se debe a que hacia el norte del golfo, la plataforma se hace más amplia hasta la desembocadura del Río Colorado, provocando el predominio de limos y arcillas producto de las descargas del río. La distribución de los porcentajes de arena al sur del delta del Río Colorado está relacionada con el transporte de sedimentos dominante de norte a sur a lo largo de la costa de Baja California (Filloux 1960). De acuerdo con Filloux (1960) el aporte de sedimentos a esa área proviene de tres fuentes distintas: la deriva de los sedimentos por la estructura del delta, sedimentos aportados por el depósito La Mesa a lo largo de la costa de Sonora y el aporte de sedimentos por la costa de Baja California. Esa dinámica también provoca que los sedimentos de menor tamaño sean transportados básicamente a las costas peninsulares, donde se registran los mayores porcentajes de lodos (54-82%) (Hernández-Alcántara 2002) y por lo tanto los más bajos de arena.

La segunda zona se localizó al sur del golfo, a lo largo de la costa oriental, ubicada en los límites entre Sonora y Sinaloa, frente a la desembocadura del río El Fuerte (Fig. 13), donde es frecuente encontrar mayores porcentajes de sedimentos finos (limos y arcillas), ya que los aportes fluviales son altos (Hernández-Alcántara 2002).

En el resto del golfo se encontraron porcentajes de arena superiores a 80%, ya que las arenas son el depósito predominante en la plataforma continental de la zona, con excepción de algunas localidades donde el contenido de lodos es más importante (Hernández-Alcántara 2002).



**Figura 13. Distribución del porcentaje de arena en el Golfo de California. A) Invierno-primavera. B) Verano-otoño.**

Los sedimentos inorgánicos del Golfo de California son producto de la erosión de las rocas que afloraron en ambos márgenes costeros, así como de la intensidad de la ésta y de la depositación. La deposición o construcción domina en las costas de Sonora, Sinaloa y Nayarit, por lo que el margen continental presenta costas más extensas de pendientes suaves y con predominio de arenas, desde granos gruesos hasta muy finos. En el margen costero de la península, la erosión ha sido más común y destructiva, debido a la carencia de sistemas fluviales permanentes que depositen sedimentos a lo largo de las costas, que son más bien rocosas y escarpadas (Aguayo 1981).

La distribución de los porcentajes de materia orgánica y de arena fue muy heterogénea en el golfo y no presentó ningún patrón definido. Sin embargo, al igual que en el perfil vertical, en el plano horizontal

también se pudo distinguir la relación inversa entre ambas variables, es decir, las zonas donde se observaron las mayores concentraciones de materia orgánica coinciden más o menos con las zonas donde se registraron los porcentajes más bajos de arena y viceversa, en ambas temporadas (Figs. 11 y 13).

### 1.7. Variaciones ambientales

El análisis de componentes principales (PCA) para la temporada invierno-primavera indicó que el 69% de la variación ambiental observada puede ser explicada por el modelo. El primer componente explicó el 40.8% de la variación, y está determinado por la concentración de oxígeno disuelto y la profundidad, variables que tienen un comportamiento inverso (Fig. 14A). El segundo componente explicó el 28.2% de la variación, y está determinado por el porcentaje de materia orgánica y el porcentaje de arena, que también se comportan de manera inversa (Fig. 14A). La ordenación gráfica de las estaciones obtenida a través del PCA y considerando el primer componente mostró la existencia de tres grupos con diferencias batimétricas importantes: el primero incluyó a todas las estaciones de la plataforma externa y dos de la plataforma media (estaciones 4 y 48) que son las estaciones más profundas (comprendidas entre 60.2 y 120 m) y con menores concentraciones de oxígeno disuelto (en general menos de 2 ml/l) (Fig. 14A). El segundo grupo incluyó en su mayoría estaciones de la plataforma media (20, 26, 43, 51 y 57) y una de la plataforma interna (3), que tienen profundidades (entre 32 y 71.9 m) y concentraciones de oxígeno intermedias (en general valores entre 1 y 3 ml/l). El tercer grupo incluyó a la mayoría de estaciones de la plataforma interna (10, 16, 19, 27, 32, 37, 42, 47, 49C y 55) y dos de la plataforma media (8 y 34), que son aquellas con menores profundidades (entre 22.2 y 52 m) y mayores contenidos de oxígeno disuelto (en general valores superiores a 3 ml/l) (Fig. 14A).

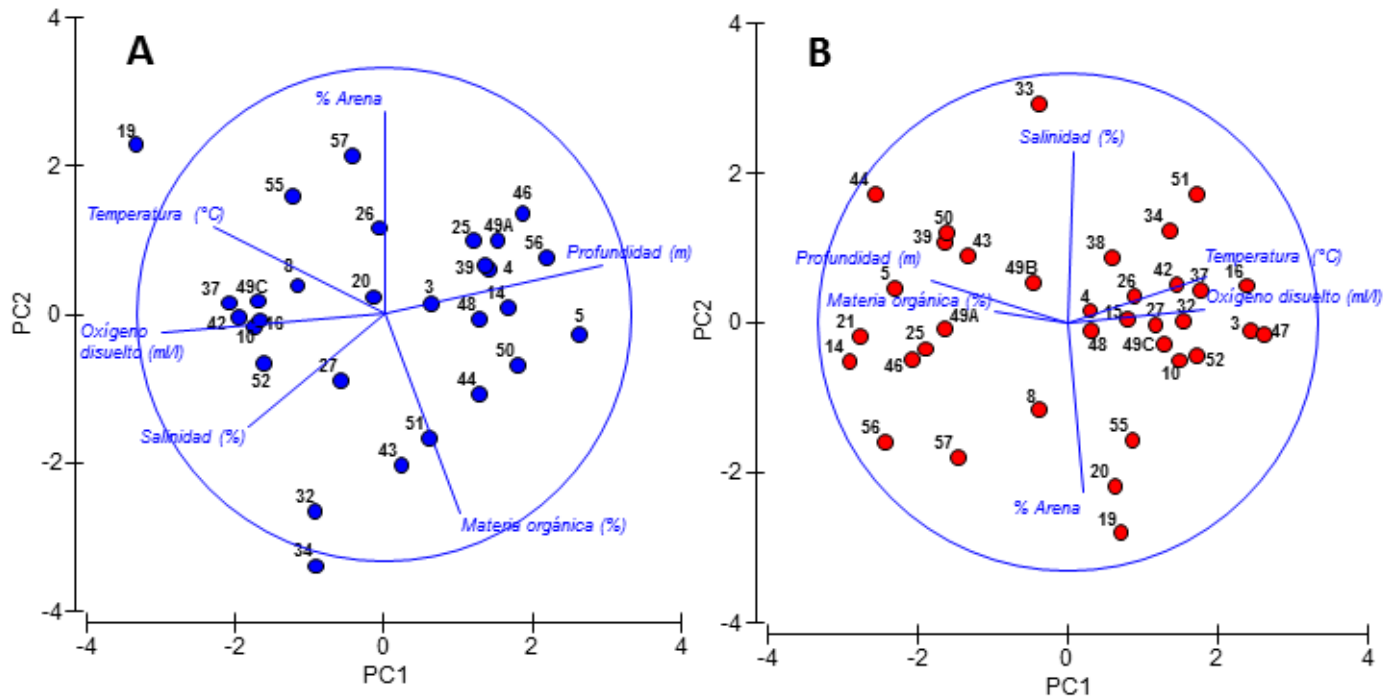


Figura 14. Gráfico PCA para las 35 estaciones de muestreo. A) Invierno-primavera (PC1 y PC2 acumulan el 69% de la variación). B) Verano-otoño (PC1 y PC2 acumulan el 69.4% de la variación).

Como se mencionó previamente, el segundo componente estuvo determinado por características de los sedimentos y su configuración gráfica mostró dos grupos de estaciones: uno con porcentajes elevados de materia orgánica y porcentajes bajos de arena, que incluyó en su mayoría a estaciones de las costas orientales (3, 5, 14, 27, 43, 44, 48, 50, 51 y 52) y a dos de las costas occidentales (32 y 34) (Fig. 14A). El otro grupo incluyó aproximadamente 50% de estaciones de las costas orientales y 50% de las de las costas occidentales. Cabe mencionar que ningún eje distinguió diferencias latitudinales (Fig. 14A).

En verano-otoño, el PCA indicó que el 69.4% de la variación observada es explicada por el modelo. El primer eje o componente está determinado por la temperatura y por la concentración de oxígeno disuelto y explicó el 47.4% de la variación (Fig. 14B). El segundo componente explicó el 22% de la variación y está definido por la salinidad y por el porcentaje de arena (Fig. 14B). La representación gráfica de las estaciones mostrada por el PCA reveló dos grupos (tomando en cuenta el primer eje): el primero, localizado en la parte derecha del gráfico (Fig. 14B) incluyó a todas las estaciones de la plataforma interna y a gran parte de las de la plataforma media (4, 15, 20, 34, 51, 38, 51 y 48). Dicho conjunto de estaciones presentó temperaturas ( $>20^{\circ}\text{C}$ ) y concentraciones de oxígeno elevadas ( $>3\text{ ml/l}$ ). El segundo grupo, localizado en el lado izquierdo del gráfico (Fig. 14B) incluyó a todas las estaciones de la plataforma externa y a cuatro de la plataforma media (8, 43, 49B y 57), que tienen temperaturas (en general inferiores a  $20^{\circ}\text{C}$ ) y concentraciones de oxígeno disuelto inferiores (la mayoría menores a  $3\text{ ml/l}$ ).

Con respecto al segundo eje, el PCA mostró dos grupos: el primero (parte inferior del gráfico) (Fig. 14B) incluyó sólo a estaciones de las costas occidentales (8, 19, 20, 55, 56 y 57), que tienen porcentajes de arena elevados (en general mayores a 80%) y salinidades relativamente altas (entre 34.3 y 35.9). El segundo grupo fue más heterogéneo, ya que incluyó estaciones de todas las regiones latitudinales y profundidades, y en general incluyó estaciones con porcentajes intermedios y bajos de arena y salinidades bajas e intermedias.

Este análisis refleja que existe un conjunto de variables que determina en mayor medida las principales diferencias ambientales en la zona de estudio. La concentración de oxígeno disuelto es una de las más importantes en ambas temporadas, relacionada con la profundidad en invierno-primavera y con la temperatura en verano-otoño. Ambas variables están estrechamente relacionadas con el oxígeno disuelto, ya sea de manera directa o inversa. Lo anterior está claramente relacionado con los gradientes batimétricos observados en las tres variables mencionadas. Por otro lado, aunque el porcentaje de arena también juega un papel muy importante en la delimitación de distintos ambientes en ambas temporadas, no ayuda a distinguir patrones espaciales.

## **2. Descripción de las comunidades de poliquetos**

Se identificó un total de 6018 poliquetos del clado Aciculata, pertenecientes a 203 especies, 83 géneros y 22 familias. De acuerdo con Hernández-Alcántara (2002), alrededor de 758 especies han sido registradas hasta ahora en la plataforma continental del Golfo de California, por lo que las especies identificadas en este estudio representan aproximadamente el 27% de la fauna poliquetológica observada en la zona, pero el 43% de la registrada en la zona submareal, ya que del total mencionado, 280 especies se han recolectado en estos ambientes. Se identificaron 39 especies potencialmente nuevas para la ciencia, cuyas características no coincidieron con las de ninguna especie previamente descrita. Se encontraron 9 en invierno-primavera, 26 en verano-otoño, y 4 en ambas temporadas. También se registró un género potencialmente nuevo para la ciencia designado como Género A, perteneciente a la familia Phyllodocidae, debido a que sus características no coincidieron con las de ninguno de los

actualmente descritos. Únicamente se detectó una especie (*Mooreonuphis cf guadalupensis*) cuyas características no coincidieron en su totalidad con las indicadas en la diagnosis de la misma, por lo que fue designada como “cercana a”, y se le asignó el prefijo “cf” (conferido a) antes del epíteto específico (Anexo I y II).

En la temporada invierno-primavera se registró un total de 2884 individuos pertenecientes a 119 especies, 69 géneros y 21 familias (ver Hernández-Alcántara 2002), mientras que en la temporada verano-otoño se identificaron 3134 organismos pertenecientes a 156 especies, 63 géneros y 19 familias (Fig. 15).

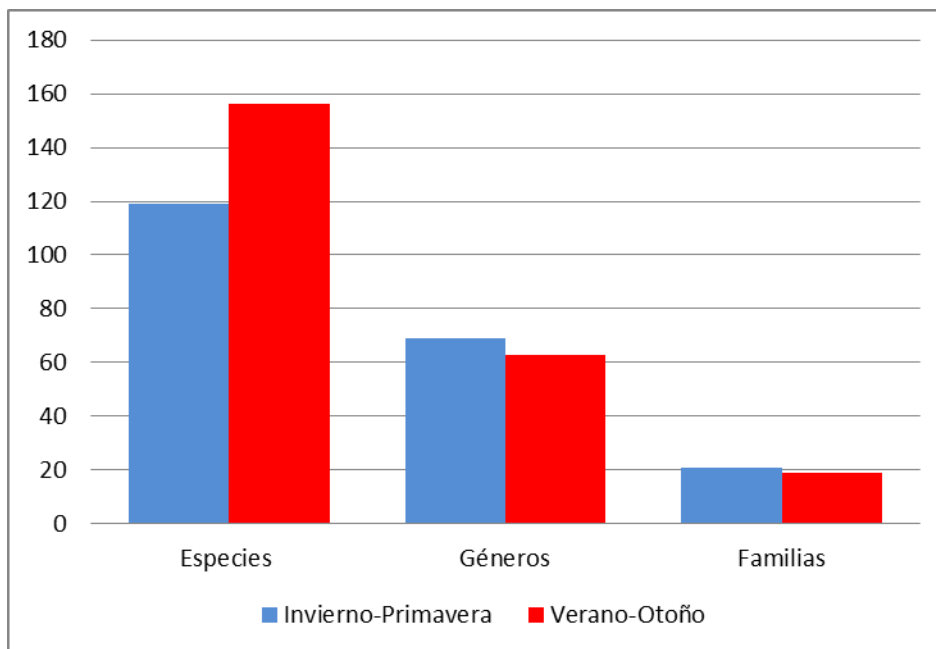


Figura 15. Número de taxones identificados en la plataforma continental del Golfo de California por temporada.

Del total de especies, 71 fueron registradas en ambas temporadas, mientras que 48 fueron registradas únicamente en invierno-primavera (Anexo I) y 85 sólo en verano-otoño (Anexo II). El número de géneros y familias fue similar en ambas temporadas (Fig. 15), 49 géneros se encontraron en ambas, 20 únicamente en invierno-primavera y 14 en verano-otoño. Por otro lado, del total de familias, 18 se encontraron en ambas temporadas, las familias Chrysopetalidae, Euphrosinidae y Pisionidae sólo se registraron en invierno-primavera, y la familia Aphroditidae sólo se registró en verano-otoño. Al parecer, la mayoría de los géneros y familias identificadas se mantienen presentes en la zona durante todo el año, presentando cambios en sus abundancias, pero existe un alto recambio de especies. Se observó una menor variación a nivel de familia, ya que más del 80% de las identificadas se encuentran en ambas temporadas. Aquellas familias que aparecieron ocasionalmente en cualquiera de las dos temporadas son en general poco comunes o no son propias de sedimentos arenosos. Las especies de la familia Chrysopetalidae habitan principalmente sedimentos duros, viven en cavidades dentro de rocas, corales, fragmentos de conchas y entre tubos de poliquetos sedentarios (Watson 2000). Los afrodítidos suelen vivir en sedimentos arenosos o lodosos, pero son encontrados principalmente en la zona submareal y en el talud, y en números bajos, lo que sugiere que llevan una vida solitaria (Hutchings 2000). Por otro lado, las especies de la familia Euphrosinidae se distribuyen principalmente en zonas frías y ambientes abisales, y la mayoría son crípticos y se encuentran en rocas o asociados a esponjas o corales. En cuanto a los Pisionidae, constituyen una familia poco numerosa y rara en ocurrencia, son



organismos muy pequeños y de hábitos intersticiales, asociados a ambientes arenosos poco profundos (Wolf 1984).

Tanto el número de organismos como el número de especies fueron considerablemente mayores en verano-otoño (Fig. 15), lo cual puede deberse a que durante esta temporada existe un flujo neto proveniente del Océano Pacífico de agua con características tropicales (tibia y con salinidades bajas) (Álvarez-Borrego 1983), que propicia el transporte, la dispersión y la reproducción de especies con afinidades tropicales o sub-tropicales hacia adentro del golfo (Hernández-Alcántara y Solís-Weiss 2005). Adicionalmente, durante invierno-primavera existe un flujo neto de agua con temperatura baja y salinidad alta hacia el sur del golfo (Lavin *et al.* 1997), lo cual puede tener un efecto negativo sobre la fauna de la zona, particularmente la de la región occidental (Hernández-Alcántara y Solís-Weiss 2005), ya que el número. No hay muchos estudios sobre variaciones temporales en la distribución de organismos bentónicos en el Golfo de California, sin embargo, Hernández-Alcántara y Solís-Weiss (2005) observaron un patrón inverso en el clado Spionida, ya que encontraron 4791 ejemplares en invierno-primavera y 1736 en verano, mientras que el número de especies fue similar en ambas temporadas, 29 y 30 respectivamente. Por otro lado, Aceves-Medina *et al.* (2003) observaron un patrón similar al del clado Aciculata en larvas de peces, ya que encontraron un número considerablemente mayor de especies durante verano (271) con respecto a invierno (33), sin embargo, no especifican el número de organismos encontrado en cada temporada.

En ambas temporadas, la familia más abundante fue Nephtyidae, con 796 individuos en invierno-primavera (aproximadamente 27% del total de la fauna) y 946 en verano-otoño (aproximadamente 30% de la fauna), seguida por la familia Nereididae en la primera (544 individuos, 19%) y por la familia Onuphidae en la segunda (772 individuos, 25%). Las familias menos abundantes en invierno-primavera fueron Euphosinidae, Chrysopetalidae y Pisionidae, todas con un ejemplar; en verano-otoño fue la familia Aphroditidae, con 2 ejemplares.

La especie más abundante en ambas temporadas fue *Aglaophamus verrilli* (familia Nephtyidae), con 368 ejemplares en invierno-primavera (12% del total de la fauna) y con 632 en verano-otoño (20%), seguida en invierno-primavera por *Ceratocephale papillata* (familia Nereididae) con 308 ejemplares (10.67%) y por *Nephtys panamensis*, otro néftido, con 122 ejemplares (3.89%). Los néftidos se encuentran entre los poliquetos marinos más comunes y conspicuos en fondos blandos (Pérez-Torrijos *et al.* 2009), están ampliamente distribuidos a nivel mundial y son típicos habitantes de sedimentos arenosos a areno-lodosos (Pettibone 1982).

De acuerdo con el análisis de varianza, tanto la abundancia como la riqueza específica únicamente presentaron diferencias significativas entre niveles de la plataforma continental ( $p < 0.05$ ) (Tabla 5). En total, en invierno-primavera en la plataforma interna se registraron 1897 organismos y 95 especies, en la plataforma media 648 organismos y 87 especies y en la externa 339 organismos y 58 especies. En verano-otoño en la plataforma interna se encontraron 1904 ejemplares y 109 especies, en la plataforma media 762 organismos y 94 especies y en la plataforma externa 468 organismos y 73 especies. Lo anterior refleja un gradiente batimétrico bien en el número de organismos y de especies.

El análisis de varianza también indicó que aparentemente no hay variaciones latitudinales ni temporales significativas en ambos parámetros (Tabla 5), a pesar de que a simple vista los valores parezcan muy distintos entre temporadas. Aunque no hubo diferencias latitudinales significativas, en ambas temporadas se observó un número mucho mayor de organismos y de especies en la región sur (2151 organismos y 108 especies en invierno-primavera; 2082 organismos y 142 especies en verano-otoño)

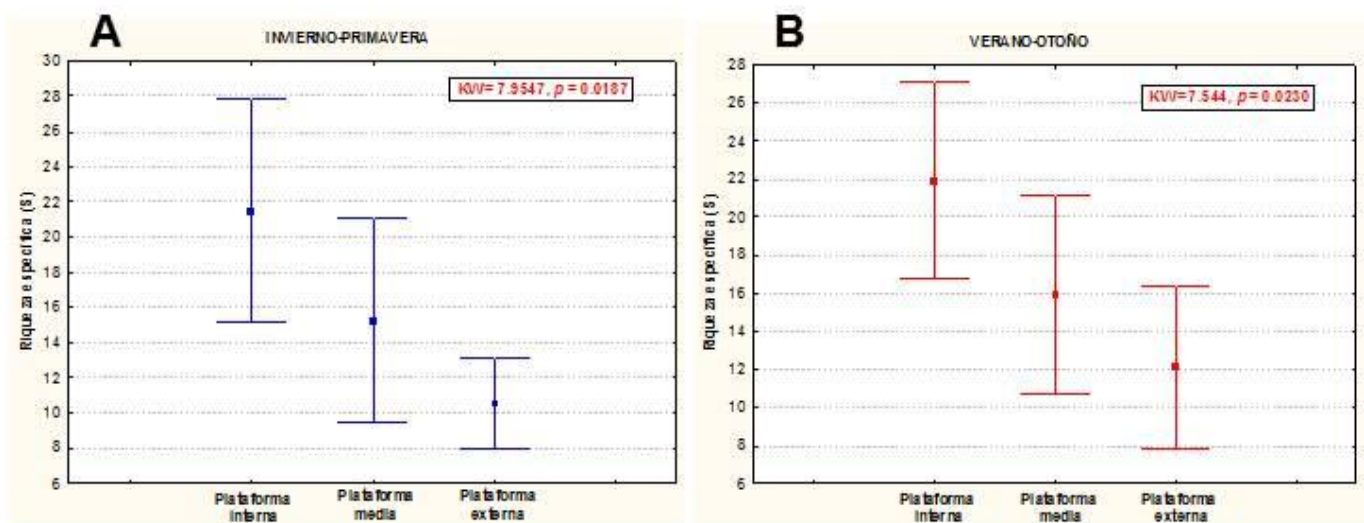
con respecto a las otras dos zonas. En ese sentido, se podría hablar de la existencia de un gradientes latitudinal de aumento en el número de especies desde el norte hacia el sur, como el detectado por Lluch-Cota *et al.* (2007) en diversos grupos de invertebrados, pero sin tomar en cuenta las cifras observadas en la boca del golfo (ya que se muestreó un número comparativamente menor de estaciones con respecto a las otras dos zonas), por lo que no resulta muy claro.

Por otro lado, tampoco se detectaron diferencias significativas en ambos parámetros entre las costas orientales y las occidentales, a pesar de que las cifras indican que en ambas temporadas también existe un número de organismos y de especies considerablemente mayor en las costas continentales que en las peninsulares (invierno-primavera: 2196 organismos y 100 especies en las costas orientales y 688 organismos y 74 especies en las costas occidentales; verano-otoño: 2146 organismos y 98 especies en las costas orientales, 988 organismos y 98 especies en las costas occidentales). Tanto el número de organismos como el número de especies fueron muy heterogéneos a lo largo del golfo, por lo que no se pudo distinguir ningún patrón definido en la distribución de sus valores.

**Tabla 5. Resultados del análisis de varianza (PERMANOVA) ( $p < 0.05$ ) al evaluar el efecto de la ubicación geográfica y la estacionalidad sobre la abundancia y la riqueza específica.**

Variable	Factor	Pseudo-F	P	% variación
Riqueza específica (S)	Temporada	0.93	0.375	0.00
	Continental	0.89	0.393	0.00
	Zona	3.31	0.063	10.58
	Plataforma	9.20	<b>0.000</b>	12.21
Abundancia (N)	Temporada	1.15	0.343	0.20
	Continental	0.92	0.399	0.00
	Zona	2.28	0.112	5.54
	Plataforma	7.83	<b>0.001</b>	20.80

Durante ambas temporadas, la riqueza específica presentó un gradiente en relación con la profundidad, mostrando diferencias significativas entre los niveles de la misma ( $p < 0.05$ ) (Fig. 16).



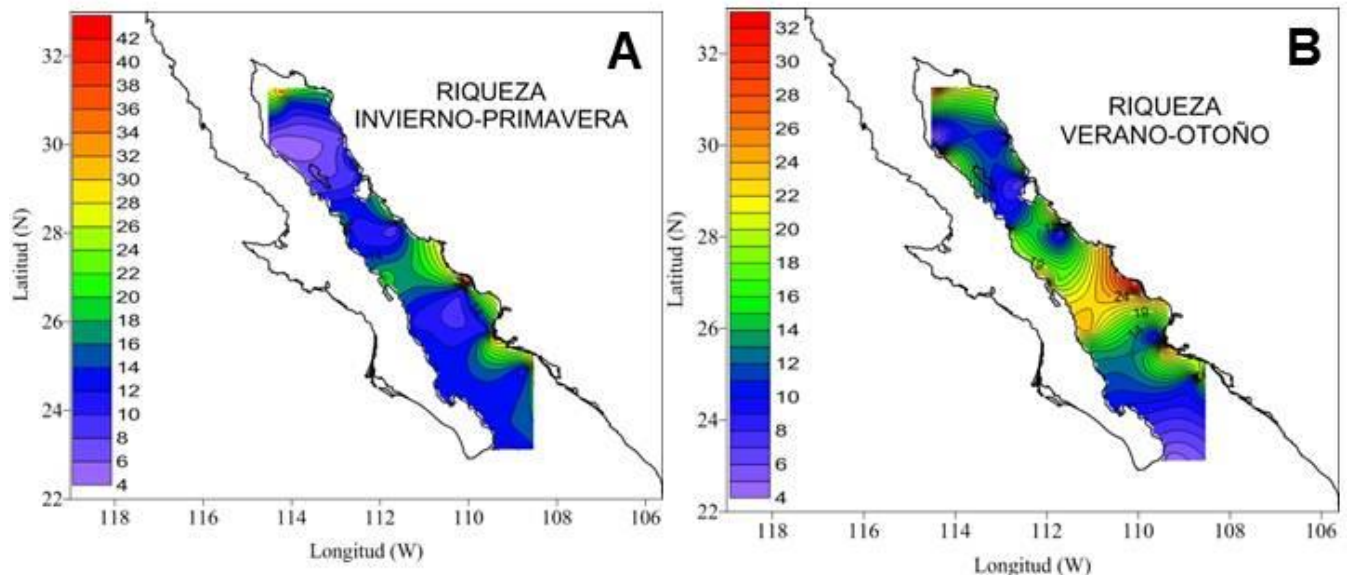
**Figura 16. Promedio y desviación estándar de la riqueza específica por región de la plataforma continental. A) Invierno-primavera. B) Verano-otoño.**



El número de especies fue mayor en la plataforma interna y disminuyó hacia la plataforma media y externa, es decir, conforme aumentó la profundidad (Fig 16), lo cual corresponde al patrón detectado por Hendrickx *et al.* (2002) para grandes filos de invertebrados.

Los valores de riqueza presentaron mayor variación en la plataforma interna y media en invierno-primavera, que en la plataforma externa. Es probable que como se trata de la zona más profunda, las variaciones en las condiciones ambientales asociadas a la estacionalidad sean menos drásticas y no se vean tan reflejadas en la fauna. Sin embargo, durante verano-otoño, la variación en la plataforma externa es casi tan amplia como en la plataforma interna y media, por lo que quizás las variaciones estacionales se extiendan hacia capas más profundas durante dicha temporada.

En la temporada invierno-primavera, los valores más altos de riqueza específica se encontraron en las estaciones CSII-16 (41 especies), CSII-03 (32 especies), CNIM-38 (32 especies) y CSII-52 (31 especies), mientras que en verano-otoño se observaron en las estaciones CSVI-16 (32 especies), CSVM-15 (31 especies), CSVI-47 (30 especies) y CNVI-37 (29 especies). Como se puede observar, el mayor número de especies se encontró en la misma estación en ambas temporadas, las otras con valores altos cambiaron de una temporada a otra; sin embargo, todas se encuentran en la costa oriental del golfo, la mayoría en la región sur (Fig. 17) y en la plataforma interna. Cabe mencionar que en las estaciones que presentaron altos valores de riqueza específica en invierno-primavera, éstos disminuyeron en verano-otoño. Sin embargo, no se puede detectar una tendencia definida en el cambio del número de especies, ya que de invierno-primavera a verano-otoño, el número de especies aumentó en alrededor de la mitad de las estaciones y disminuyó en la otra mitad, sólo en dos estaciones se conservó el mismo número de especies.



**Figura 17. Distribución de la riqueza de especies en el Golfo de California. A) Invierno-primavera. B) Verano-otoño.**

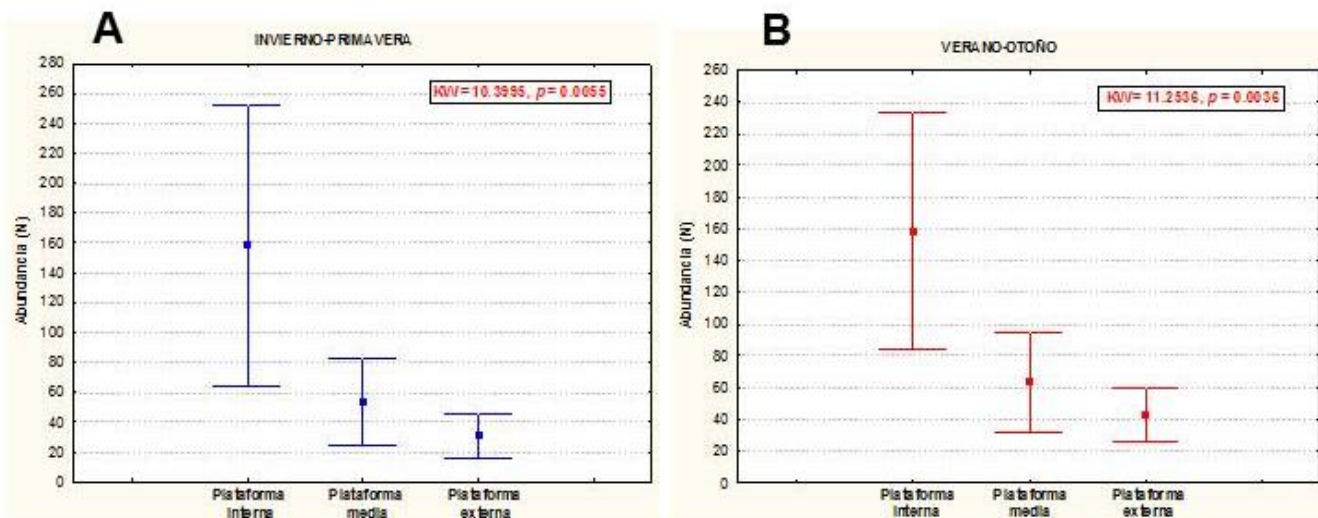
Como se puede observar, el número de especies aumenta en la región sur del golfo durante verano-otoño (Fig. 17B), debido a la entrada de agua proveniente del Océano Pacífico, que permite el establecimiento de más especies con afinidades tropicales en esa zona.

Por otro lado, las estaciones con menor número de especies en invierno-primavera fueron PBIM-57 (2 especies), PNIE-43 (4 especies), CNIM-43 (4 especies), PNIE-32 (7 especies) y PNIM-34 (7 especies); mientras que en verano-otoño fueron PBVE-56 (4 especies), PNVM-34 (5 especies), CNVM-43 (5

especies) y PBVI-55 (6 especies). La mayoría de esas estaciones pertenecen a las costas occidentales del golfo, regiones norte y boca (Fig. 17), pero a ningún nivel de la plataforma en particular. Una de las estaciones con un número bajo de especies se encuentra en la costas orientales, pero también en la región norte, delimitando dos posibles zonas donde el número de especies es menor: una al norte del archipiélago, entre Punta William y Cabo Tepoca (en ambas costas alrededor de los 30° de latitud N) y otra en la boca, justo en el extremo de la península de Baja California (Fig. 17). Por otro lado, las estaciones que tienen el menor número de especies en invierno-primavera presentaron un aumento de dicho valor en verano-otoño (contrario a lo que ocurre con las estaciones con el número más elevado de especies). No hay una tendencia clara, pero la mayoría de las estaciones cuya riqueza específica aumentó de invierno-primavera a verano-otoño se encuentran en el margen oriental (en ambas zonas y en todas las profundidades), por el contrario, las estaciones cuyo número de especies disminuyó se encuentran distribuidas más heterogéneamente, ya que se encuentran en ambos márgenes, en las tres zonas y en todas las profundidades.

Lo anterior constituye un reflejo de la heterogeneidad de hábitats y condiciones en las costas del Golfo de California. De acuerdo a los resultados, se puede inferir que en la porción oriental, principalmente en la región sur, existe una mayor disponibilidad y variedad de hábitats que permiten el establecimiento de una mayor diversidad de especies. Lo contrario parece acontecer en las costas occidentales, donde la topografía es más homogénea. No obstante, en el extremo de la península se mantiene un número bajo de especies durante ambas temporadas, debido quizás a que la confluencia de distintas masas de agua a lo largo del año puede alterar drásticamente las condiciones y, por lo tanto, restringir el establecimiento de algunas especies (Hernández-Alcántara 2002).

En cuanto a la abundancia se refiere, también se observaron diferencias significativas en sus valores entre niveles de la plataforma continental ( $p < 0.05$ ), reflejando un gradiente batimétrico de disminución de organismos hacia zonas más profundas, durante ambas temporadas (Fig. 18). En ambas temporadas, el número de individuos fue muy variable en la plataforma interna, mientras que en la media y externa se mantuvieron valores más o menos bajos.

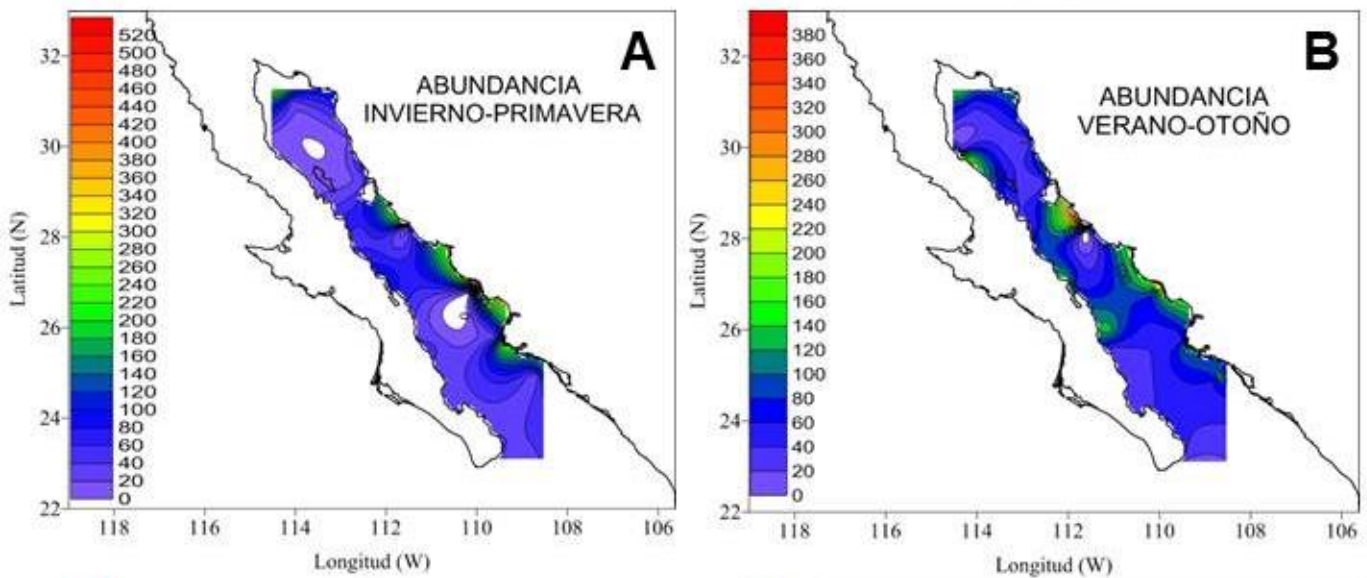


**Figura 18. Promedio y desviación estándar de la abundancia por nivel de la plataforma continental. A) Invierno-primavera. B) Verano-otoño.**

El patrón observado coincide con lo registrado en la literatura, es decir, que el mayor número de individuos se encuentra en las regiones más someras y va disminuyendo conforme aumenta la

profundidad. Al parecer, la estacionalidad no tiene una influencia importante sobre la abundancia, ya que se observan patrones similares en ambas temporadas; los valores varían más en la plataforma interna, lo cual puede estar relacionado con una mayor heterogeneidad de hábitats y condiciones en esa zona. Por otro lado, en ambas temporadas la variación en la abundancia fue menor en la plataforma media y en la externa respectivamente, lo cual nuevamente indica que las condiciones son más estables a mayor profundidad.

En la temporada invierno-primavera, los valores más altos de abundancia se encontraron en las estaciones CSII-16 (527 organismos), CSII-47 (301 organismos), CSII-52 (239 organismos), CNII-37 (229 organismos) y CSII-03 (151 organismos), mientras que en verano-otoño se observaron en las estaciones CSVI-47 (453 organismos), PNVI-32 (252 organismos), CSVI-16 (241 organismos) y PSVI-49C (181 organismos). En invierno-primavera, las estaciones con la mayor abundancia se localizaron en las costas orientales del golfo, la mayoría están en la región sur (Fig. 19A) y todas pertenecen a la plataforma interna, lo cual constata el patrón mencionado en la literatura, es decir, que el mayor número de organismos se encuentra en las zonas más someras, y coincide con lo observado por Hernández-Alcántara y Solís-Weiss (2005) en el clado Spionida, donde los organismos fueron más abundantes en las costas orientales del golfo. Tales abundancias pueden ser explicadas por el hecho de que durante dicha temporada, las surgencias son más intensas en las costas continentales, aumentando la disponibilidad de recursos y nutrientes y por lo tanto permitiendo el establecimiento y proliferación de un mayor número de organismos. Por otro lado, durante verano-otoño, las estaciones con mayor abundancia se encontraron tanto en las costas orientales como en las occidentales, principalmente en la región sur (Fig. 19B), y todas pertenecen a la plataforma interna.



**Figura 19.** Distribución de la abundancia de poliquetos en el Golfo de California. A) Invierno-primavera. B) Verano-otoño.

Las estaciones con los menores valores de abundancia en invierno-primavera fueron PBIM-57 (2 organismos), CNIM-43 (9 organismos), PNIE-33 (10 organismos), PNIM-34 (10 organismos) y PBIE-56 (16 organismos). La mayoría de estas estaciones se encuentran en las costas occidentales, principalmente en dos zonas, en la boca y en el extremo norte, frente a Cabo Tepoca y Punta William (aproximadamente a 30° de latitud N) (Fig. 19). Por otro lado, en verano-otoño, las estaciones con el menor número de organismos fueron nuevamente PBVE-56 (5 organismos), CNVM-43 (9 organismos)

y PNVM-34 (14 organismos), además de PBVM-57 (8 organismos). Como se puede observar, en la boca del golfo permanecen valores bajos de abundancia a lo largo del año (Fig. 19), que al igual que la riqueza específica, pueden estar asociados a las condiciones establecidas por la confluencia de distintas masas de agua. Por otro lado, no se observó ningún patrón en el resto de las estaciones con los valores más bajos, lo cual refleja la heterogeneidad del golfo, que aparentemente se ve acentuada en verano-otoño. También es importante mencionar que todas las estaciones indicadas con bajos valores de abundancia se encuentran en la plataforma media o externa, nunca en la interna.

De invierno-primavera a verano-otoño, el 60% de las estaciones presentó un aumento en el número de organismos, aproximadamente el 37% presentó una disminución, y el 3% restante permaneció igual. No existe ningún patrón definido de cambio en la abundancia de los organismos de una temporada a otra, ya que las estaciones donde aumentó dicho número se encuentran en ambos lados del golfo, en las tres zonas y en las tres profundidades, lo que refleja, entre otras cosas, la heterogeneidad del Golfo de California. Sin embargo, independientemente de dicha heterogeneidad, al parecer las condiciones son más favorables en verano-otoño y permiten la proliferación de un mayor número de organismos.

Durante ambas temporadas, las zonas con menores valores de abundancia se corresponden más o menos en ubicación geográfica con las que presentaron menor riqueza (Figs. 17 y 19), aunque no se trate exactamente de las mismas estaciones, lo que indica que hay dos zonas donde ambos valores son bajos de manera simultánea y que se mantienen a lo largo del año, independientemente de la temporada. Asimismo, las zonas con mayor riqueza y abundancia también coinciden más o menos en ambas temporadas (Figs. 17 y 19). No obstante, lo anterior no indica una relación lineal entre riqueza y abundancia, ya que ésta sólo se observó en el 65% de las estaciones. En el resto de las estaciones ocurren casos inversos en ambos sentidos.

A pesar de que no se detectaron diferencias significativas en la abundancia entre ambas regiones del golfo, durante ambas temporadas, dicho parámetro presentó valores considerablemente mayores en las costas orientales (invierno-primavera: 2196 individuos; verano-otoño: 2146 organismos) que en las costas occidentales (invierno-primavera: 688 individuos; verano-otoño: 988 organismos). El número de especies tuvo un comportamiento similar, presentando valores superiores en las costas continentales (invierno-primavera: 100 especies; verano-otoño: 107 especies) que en las peninsulares (invierno-primavera: 74 especies; verano-otoño: 98 especies). No obstante, la composición de especies de ambos lados fue considerablemente distinta. Del total de 119 especies registradas en invierno-primavera, 55 especies (46%) se registraron tanto en las costas orientales como en las occidentales. Cuarenta y cinco especies se encontraron únicamente en las costas orientales y 19 sólo en las peninsulares. En verano-otoño, de las 156 especies registradas, únicamente 48 especies se encontraron tanto en la porción continental como en la peninsular, lo cual representa aproximadamente un 30% de especies compartidas entre ambas zonas. Cincuenta y nueve especies se encontraron únicamente en las costas orientales, mientras que 49 se encontraron únicamente en el lado peninsular. De las 48 especies compartidas entre ambas costas, 33 (67%) fueron considerablemente más abundantes en las costas continentales, mientras que las 15 restantes (33%) presentaron una abundancia igual en ambos lados o ligeramente menor en la región continental. El hecho de que se hayan registrado más especies y más individuos en el lado continental, y de que las especies en común entre ambos lados sean más abundantes en dichas costas, es un reflejo de una mayor heterogeneidad de las costas orientales del golfo, de una mayor disponibilidad de hábitats y quizás de la prevalencia de condiciones en general más favorables para el establecimiento de estos organismos.

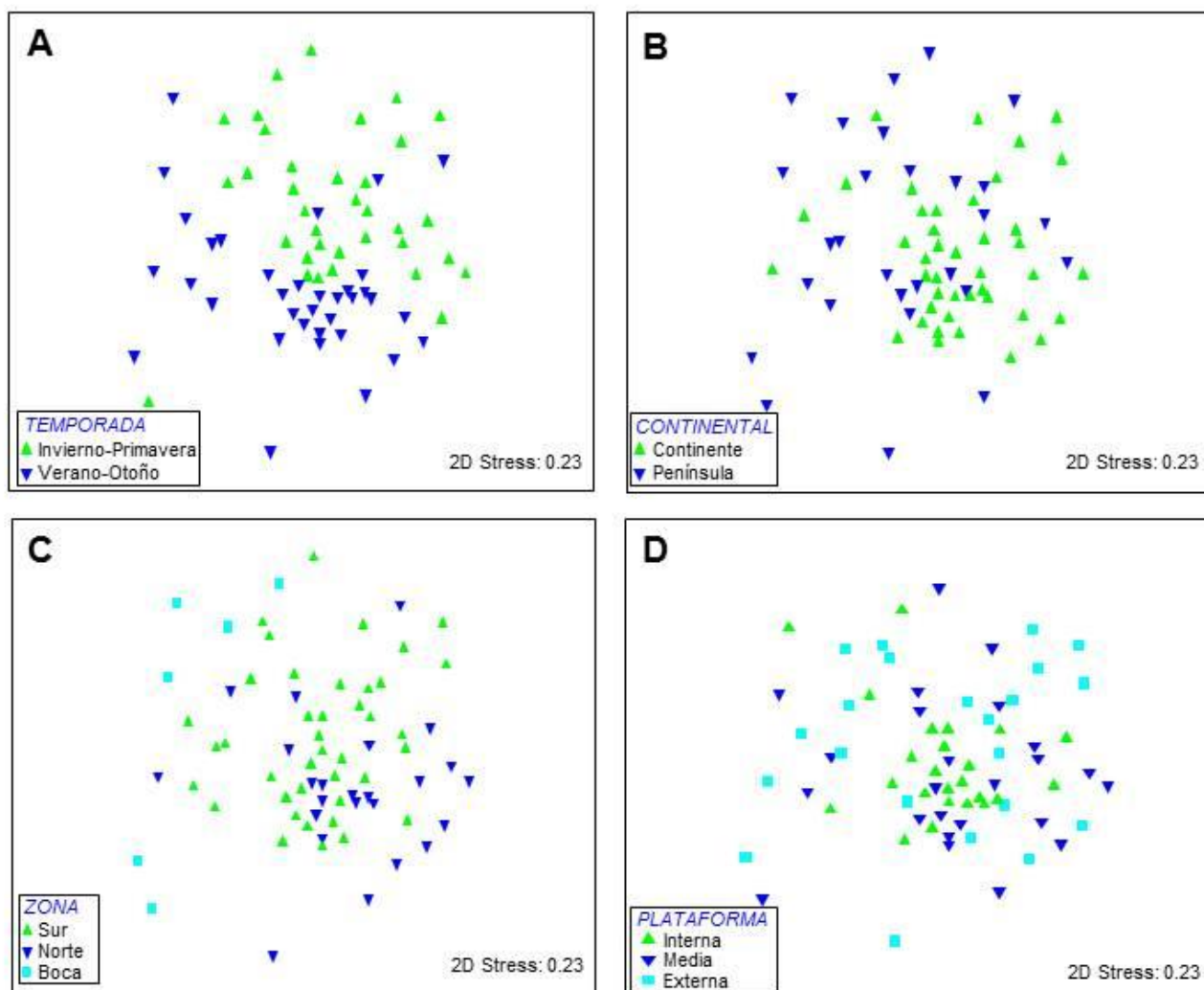
No se pudieron detectar patrones bien definidos de cambio entre ambas temporadas, sin embargo, se pudieron observar ciertas tendencias. Se observó que las variaciones en los valores de riqueza y abundancia fueron más pronunciadas en invierno-primavera (2-527 individuos,  $\sigma = 104.96$ ; 2-41 especies,  $\sigma = 9.17$ ) que en verano-otoño (5-453 individuos,  $\sigma = 89.60$ ; 4-32 especies,  $\sigma = 8.47$ ), lo cual coincide con lo observado por Hernández-Alcántara y Solís-Weiss (2005) en el clado Spionida. Todo lo anterior refleja la heterogeneidad espacial y temporal del Golfo de California, ya que además en estaciones muy cercanas se observaron valores muy distintos, tanto de riqueza como de abundancia.

Considerando el estudio que realizaron Hernández-Alcántara y Solís-Weiss (2005), en el que analizaron las variaciones espaciales y estacionales del clado Spionida en el Golfo de California, se observó que se registró un número similar de organismos al que se encontró en este estudio: 6527 pertenecientes al clado Spionida (Hernández-Alcántara y Solís-Weiss 2005) y 6018 al clado Aciculata (presente estudio). No obstante, el número de especies del primero (36) fue considerablemente menor al del segundo (203), mostrando que el clado Aciculata es mucho más diverso que el clado Spionida, pero que probablemente la mayoría de las especies dominantes de poliquetos de la zona pertenezcan a este último. De hecho, de acuerdo con Hernández-Alcántara (2002) y Hernández-Alcántara *et al.* (1994), la familia que presenta un mayor número de especies y de individuos en la zona es la familia Spionidae (perteneciente al clado Spionida).

### **3. Variaciones espaciales y temporales en la composición de especies**

El análisis de ordenamiento MDS realizado con todas las estaciones incluidas en el estudio (70 puntos: 35 por temporada) indica que existen diferencias en la composición de especies entre temporadas, mostrando la existencia de dos grupos de estaciones más o menos bien delimitados (Fig. 20A). No obstante, a través de este análisis no se detectaron diferencias espaciales: ni latitudinales, ni batimétricas ni entre las costas orientales y occidentales (Fig. 20B-D). Sin embargo, estos resultados se consideraron con cierta reserva, ya que el *stress* de las gráficas es alto (0.23). Cabe mencionar que los valores de *stress* se incrementan cuando se reduce la dimensionalidad de la ordenación y cuando aumenta la cantidad de datos, que en este caso fue un número elevado (70). Tomando en cuenta la representación bidimensional que se utilizó en este estudio, se considera que valores de *stress* entre 0.2 y 0.3 indican que el análisis debe ser tratado con cierto escepticismo (Clarke y Warwick 2001), ya que la aparente ausencia de diferencias en las gráficas puede estar ocultando diferencias reales debido al bajo ajuste de los puntos en dos dimensiones, diferencias que sólo serán apreciables a través de una prueba de hipótesis.





**Figura 20. Gráficos MDS para las 70 estaciones de muestreo agrupadas por factores espaciales y temporales. A) Factor TEMPORADA. B) Factor CONTINENTAL. C) Factor ZONA. D) Factor PLATAFORMA.**

Una vez detectadas diferencias estacionales a través del primer análisis nMDS, se llevó a cabo un análisis de ordenamiento nMDS para cada temporada. En invierno-primavera nuevamente no se observaron diferencias espaciales importantes (Fig. 21A, C, E), mientras que en verano-otoño se observaron grupos de estaciones que indican diferencias latitudinales (Fig. 21D), pero no batimétricas (Fig. 21F). Debido a la disminución en el número de puntos en el ordenamiento (35), el *stress* también se redujo, adquiriendo un valor de 0.19 que le confiere una mayor veracidad al análisis. Sin embargo, aunque valores inferiores a 0.2 todavía proporcionan un ordenamiento bidimensional potencialmente útil, es recomendable utilizar alguna técnica alternativa para contrastar los resultados antes de obtener conclusiones (Clarke y Warwick 2001), y como se mencionó previamente, en este caso se eligió una prueba de hipótesis a través de un análisis de varianza PERMANOVA.

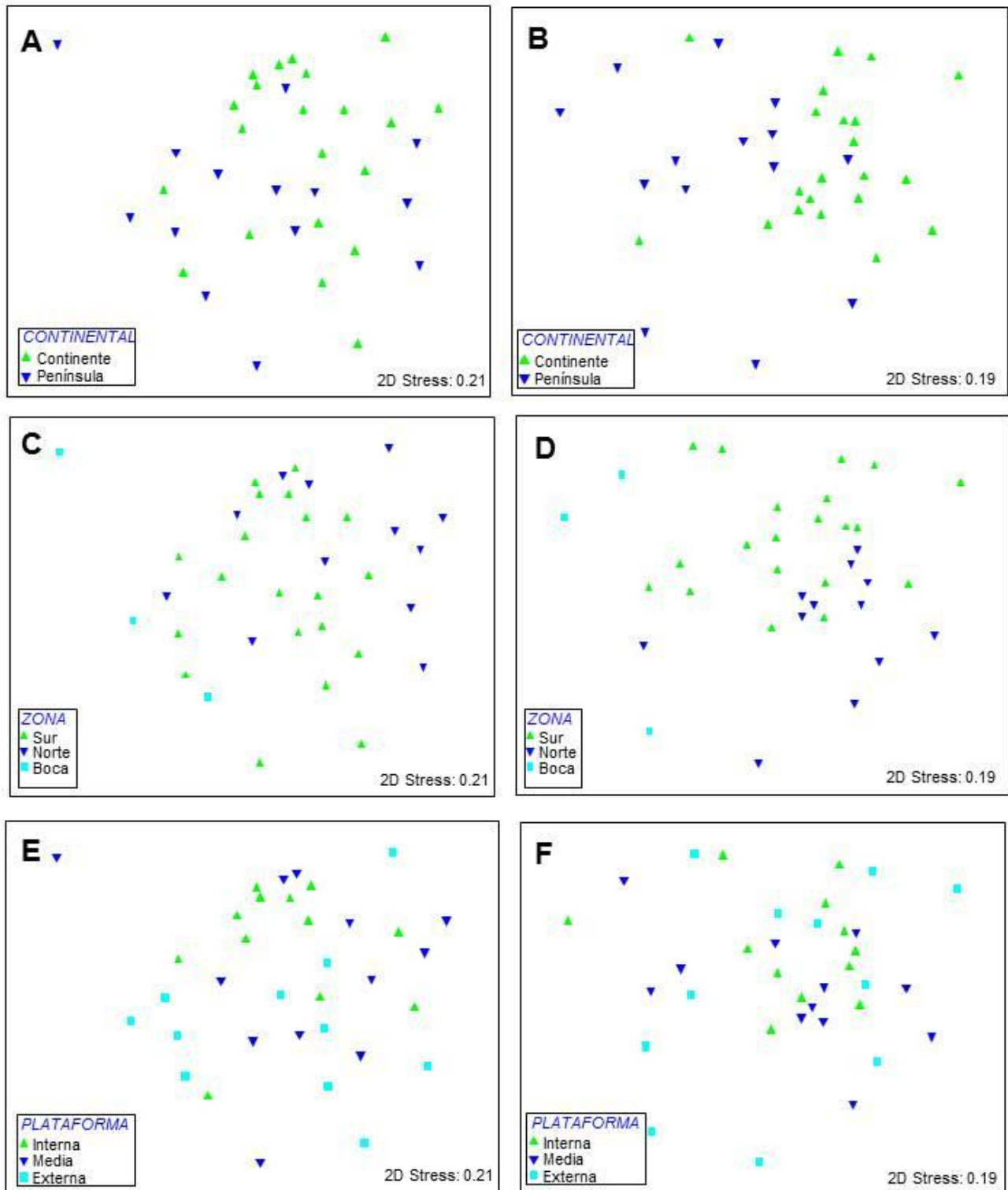


Figura 21. Gráficos MDS para las 35 estaciones de muestreo de cada temporada, agrupadas por factores espaciales. A-B) factor CONTINENTAL; C-D) Factor ZONA; E-F) Factor PLATAFORMA. A, C y E corresponden a la temporada Invierno-Primavera. B, D y F corresponden a la temporada Verano-Otoño.

De manera complementaria a los análisis de ordenamiento nMDS, el primer análisis de varianza mostró que efectivamente existen diferencias significativas en la composición de especies entre temporadas (Tabla 6). En contraste, puso en evidencia diferencias significativas latitudinales (que únicamente

habían sido detectadas en invierno-primavera) y diferencias entre niveles de la plataforma continental, que no habían sido detectadas en ninguna de las dos (Tabla 6). Cabe mencionar que un porcentaje muy pequeño de la variación observada es explicada por los factores temporales y espaciales involucrados en este estudio, de los cuales el mayor corresponde a la temporada (5.26%), a las zonas del golfo (3.27%) y a los niveles de la plataforma (3.01%), evidentemente aquellos factores que mostraron diferencias significativas. El mayor porcentaje total de variación está asociado a los residuales, por lo cual se trata de variación no explicada, lo cual indica que otros factores que no fueron considerados en este estudio (quizás otra características de los sedimentos, interacciones con otros organismos, etc.) están involucrados en la configuración de la estructura de las comunidades de poliquetos del golfo.

**Tabla 6. Resultados del análisis de varianza (PERMANOVA) ( $p < 0.05$ ) al evaluar el efecto de la ubicación geográfica y la estacionalidad sobre la composición de especies en ambas temporadas.**

<b>Factor</b>	<b>Pseudo-F</b>	<b>P</b>	<b>% Variación</b>
Temporada	3.02	<b>0.007</b>	5.26
Continental	1.79	0.085	2.59
Zona	1.64	<b>0.041</b>	3.27
Plataforma	1.71	<b>0.022</b>	3.01

Una vez que las diferencias en la composición de la fauna entre temporadas fueron confirmadas a través de una prueba de hipótesis, se realizó un segundo análisis de varianza por temporada, para analizar si las diferencias espaciales que resultaron significativas en el primero eran evidentes en ambas temporadas o sólo en una de ellas. Dicho análisis de varianza mostró que durante ambas temporadas la composición de especies presentó diferencias significativas entre niveles de la plataforma continental, mientras que diferencias significativas latitudinales y entre las costas orientales y occidentales únicamente se detectaron en verano-otoño (Tabla 7), confirmando lo observado en el análisis de ordenamiento nMDS (Fig. 21D).

**Tabla 7. Resultados del análisis de varianza (PERMANOVA) ( $p < 0.05$ ) al evaluar el efecto de la ubicación geográfica sobre la composición de especies en cada temporada.**

<b>Temporada</b>	<b>Factor</b>	<b>Pseudo-F</b>	<b>P</b>	<b>% de variación</b>
Invierno-Primavera	Continental	1.32	0.211	2.24
	Zona	1.32	0.174	3.51
	Plataforma	1.57	<b>0.028</b>	6.57
Verano-Otoño	Continental	2.28	<b>0.027</b>	7.92
	Zona	1.52	<b>0.046</b>	4.94
	Plataforma	1.87	<b>0.011</b>	8.04

Lo anterior indica que, al parecer, las diferencias en la composición de especies asociadas a los tres niveles de la plataforma continental se mantienen a lo largo del año, independientemente de los cambios estacionales que puedan experimentar las variables ambientales. Es previsible que los parámetros físicos y/o químicos varíen más drásticamente en la plataforma interna y media a lo largo del año, pero las diferencias entre dichos niveles se mantienen. Por lo tanto, las diferencias en la fauna entre dichas zonas pueden estar más bien asociadas a factores físicos y/o químicos intrínsecamente relacionados con la profundidad, tales como la temperatura y la concentración de oxígeno disuelto, que se comportan de manera inversa a la profundidad (ambos disminuyen conforme aumenta ésta). Lo



anterior se puede corroborar con los gradientes observados previamente de descenso en la riqueza de especies y en el número de organismos con respecto a un aumento en la profundidad.

Por otro lado, las diferencias latitudinales significativas observadas en verano-otoño (Tabla 7) pueden indicar que durante esta temporada las condiciones son más heterogéneas o más favorables para el establecimiento de otros organismos, debido a la mezcla de masas de agua provenientes del Océano Pacífico que viajan hacia el norte. Lo anterior se refleja en una mayor heterogeneidad en la fauna en esta temporada, permitiendo el establecimiento de una mayor variedad de especies y una mayor cantidad de organismos.

De la misma manera, la heterogeneidad en las condiciones del golfo, quizás más pronunciada en verano-otoño, también se refleja en el hecho de que se encontraron variaciones significativas en la composición de especies entre las costas orientales y occidentales, aunque no se detectaron en la riqueza ni en la abundancia.

Al observar diferencias significativas entre niveles de la plataforma continental en ambas temporadas, se llevó a cabo un tercer análisis de varianza (Tabla 8). Durante ambas temporadas, las diferencias significativas en la fauna se encontraron entre la plataforma interna y la externa. Sin embargo, no hay diferencias significativas entre la plataforma media y los otros dos niveles. Tanto el nivel más somero como el profundo son en cierta medida similares al nivel intermedio, pero totalmente distintos entre sí, lo cual refleja un claro gradiente en la composición de especies relacionado con la profundidad. Lo anterior indica que la fauna de la plataforma interna es más parecida a la de la media, pero ésta, a su vez, tiene mayores similitudes con zonas más profundas que con las más someras. Dicho gradiente es consistente con los observados previamente en el número de especies y en el número de individuos.

**Tabla 8. Resultados del análisis de varianza (PERMANOVA) ( $p < 0.05$ ) al evaluar el efecto de la profundidad sobre la composición de especies en cada temporada.**

Temporada	Factor	Comparaciones	P
Invierno-Primavera	Plataforma	Interna-Media	0.6193
		Interna-Externa	<b>0.0057</b>
		Media-Externa	0.089
Verano-Otoño	Plataforma	Interna-Media	0.0857
		Interna-Externa	<b>0.006</b>
		Media-Externa	0.1831

#### 4. Dominancia específica

En invierno-primavera, la especie dominante en la plataforma interna y media fue *Aglaophamus verrilli* (familia Nephtyidae) (IVB = 93 y 78, respectivamente), que también fue la más abundante y frecuente en dichas zonas (Tablas 9 y 10). En ambos niveles de la plataforma, el siguiente valor superior de IVB correspondió a otra especie perteneciente a la misma familia: *Nephtys panamensis* en la plataforma interna (Tabla 9) y *Aglaophamus longicirrata* en la plataforma media (Tabla 10). De hecho, entre las 10 especies dominantes, 3 ó 4 de ellas pertenecen a esta familia (Tablas 9 y 10), por lo que aparentemente constituye un componente muy importante dentro de las comunidades bentónicas someras del Golfo de California. Distintos grados de preferencia de tamaños de grano permiten que varias especies de esta familia puedan establecerse en la misma región geográfica (Clark y Haderlie 1962). Los néftidos se encuentran entre los poliquetos más comunes y conspicuos en fondos arenosos y

areno-lodosos, su distribución batimétrica también es amplia, pero son frecuentes en profundidades menores a 100 m (Hilbig 1994) y, de acuerdo con Hernández-Alcántara (2002), *A. verrilli* es una especie dominante en ciertas regiones del golfo. De acuerdo con Clark (1962), aparentemente los néftidos evitan sedimentos con altos contenidos de materia orgánica, lo cual puede estar relacionado con la abundancia y frecuencia considerablemente superior de estos organismos en la plataforma interna, donde se encontraron los valores más bajos de materia orgánica durante invierno-primavera (Fig. 10A).

**Tabla. 9 Índice de Valor Biológico (IVB) calculado para las especies de la plataforma interna (invierno-primavera).**

Especie	IVB	N	N (%)	N acumulada	Frecuencia (%)
<i>Aglaophamus verrilli</i>	93	253	13.33	13.33	83.33
<i>Nephtys panamensis</i>	47	202	10.64	23.97	58.33
<i>Nephtys californiensis</i>	37	33	1.73	25.7	33.33
<i>Ceratocephale oculata</i>	37	91	4.79	30.49	41.66
<i>Glycinde solitaria</i>	31	94	4.95	35.44	33.33
<i>Diopatra tridentata</i>	25	60	3.16	38.6	58.33
<i>Synelmis albini</i>	24	76	4	42.6	33.33
<i>Lumbrineris limícola</i>	23	22	1.15	43.75	50
<i>Aglaophamus longicirrata</i>	23	30	1.58	45.33	33.33
<i>Kinbergonuphis vermillionensis</i>	23	22	1.15	46.48	66.66

**Tabla. 10 Índice de Valor Biológico (IVB) calculado para las especies de la plataforma media (invierno-primavera).**

Especie	IVB	N	N (%)	N acumulada	Frecuencia (%)
<i>Aglaophamus verrilli</i>	78	95	14.66	14.66	75
<i>Aglaophamus longicirrata</i>	49	29	4.47	19.13	58.33
<i>Linopherus kristiani</i>	31	10	1.54	20.67	33.33
<i>Aglaophamus erectans</i>	29	50	7.71	28.38	25
<i>Nereis (Neanthes) micromma</i>	28	33	5.09	33.47	25
<i>Glycera brevicirris</i>	25	5	0.77	34.24	33.33
<i>Chloeia entypa</i>	24	4	0.61	34.85	33.33
<i>Syllis prolifera</i>	24	6	0.92	35.77	33.33
<i>Ceratocephale papillata</i>	23	9	1.38	37.15	33.33
<i>Lumbrineris cruzensis</i>	22	9	1.38	38.53	33.33

Por otro lado, en la plataforma externa, la especie dominante fue *Glycera lapidum* (familia Glyceridae) (Tabla 11). Los organismos pertenecientes a esta familia son excavadores activos, y son comunes en fondos arenosos y lodosos (Fauchald y Jumars 1979). Gilbert (1984) sugiere que los glicéridos pueden ingerir materia orgánica como suplemento alimenticio, especialmente en ambientes con altos contenidos de materia orgánica. En la plataforma externa se encontraron valores intermedios.

**Tabla. 11 Índice de Valor Biológico (IVB) calculado para las especies de la plataforma externa (invierno-primavera).**

<b>Especie</b>	<b>IVB</b>	<b>N</b>	<b>N (%)</b>	<b>N acumulada</b>	<b>Frecuencia (%)</b>
<i>Glycera lapidum</i>	42	35	10.32	10.32	45.45
<i>Drilonereis falcata</i>	39	11	3.24	13.56	45.45
<i>Mooreonuphis elsiae</i>	37	12	3.53	17.09	45.45
<i>Hermundura bennei</i>	37	14	4.12	21.21	45.45
<i>Aglaophamus erectans</i>	36	11	3.24	24.45	45.45
<i>Ceratocephale oculata</i>	33	28	8.25	32.7	36.36
<i>Aglaophamus verrilli</i>	28	20	5.89	38.59	36.36
<i>Nephtys californiensis</i>	28	7	2.06	40.65	36.36
<i>Diopatra tridentata</i>	27	12	3.53	44.18	36.36
<i>Ninoe jessicae</i>	26	11	3.24	47.42	27.27

En verano-otoño, la especie *Aglaophamus verrilli* también fue la dominante en varias regiones del golfo, básicamente en toda la zona norte (Tablas 12 y 14) y en el suroeste (Tabla 13). También fue la especie más abundante y frecuente en esas tres regiones. No obstante, las zonas donde esta especie se encontró como dominante coinciden más o menos con las regiones donde se encontraron los valores más altos de materia orgánica durante esta temporada (Fig. 11B), por lo que esta variable quizás no sea tan importante para determinar su distribución en la zona.

**Tabla 12. Índice de Valor Biológico (IVB) calculado para las especies de la región norte, costas orientales (verano otoño).**

<b>Especie</b>	<b>IVB</b>	<b>N</b>	<b>N (%)</b>	<b>N acumulada</b>	<b>Frecuencia (%)</b>
<i>Aglaophamus verrilli</i>	73	216	31.3	31.3	88.88
<i>Lumbrineris cruzensis</i>	61	57	8.26	39.56	88.88
<i>Sthenelanella uniformis</i>	33	59	8.55	48.11	55.55
<i>Kinbergonuphis cedroensis</i>	31	19	2.75	50.86	55.55
<i>Abyssoninoe</i> sp. 1	30	27	3.91	54.77	55.55
<i>Diopatra obliqua</i>	23	6	0.86	55.56	44.44
<i>Kinbergonuphis vermillionensis</i>	23	23	3.33	58.89	44.44
<i>Ceratocephale oculata</i>	22	16	4.1	62.99	55.55
<i>Mooreonuphis elsiae</i>	22	14	2.02	65.01	44.44.
<i>Mooreonuphis</i> sp. 2	21	7	1.01	66.02	55.55

**Tabla 13. Índice de Valor Biológico (IVB) calculado para las especies de la región sur, costas orientales (verano otoño).**

<b>Especie</b>	<b>IVB</b>	<b>N</b>	<b>N (%)</b>	<b>N acumulada</b>	<b>Frecuencia (%)</b>
<i>Aglaophamus verrilli</i>	77	203	13.94	13.94	83.33
<i>Diopatra ornata</i>	52	39	2.67	16.61	75
<i>Nephtys californiensis</i>	39	51	3.5	20.11	50
<i>Kinbergonuphis pulchra</i>	33	26	1.78	21.89	66.66
<i>Nephtys panamensis</i>	32	64	4.39	26.28	58.33
<i>Kinbergonuphis cedroensis</i>	32	38	2.6	28.88	50
<i>Diopatra obliqua</i>	29	28	1.92	30.8	33.33
<i>Kinbergonuphis vermillionensis</i>	29	47	3.22	34.02	50
<i>Glycera pacifica</i>	28	37	2.54	36.56	33.33
<i>Aglaophamus erectans</i>	27	46	3.15	39.71	25

**Tabla 14. Índice de Valor Biológico (IVB) calculado para las especies de la región norte, costas occidentales (verano otoño).**

<b>Especie</b>	<b>IVB</b>	<b>N</b>	<b>N (%)</b>	<b>N acumulada</b>	<b>Frecuencia (%)</b>
<i>Aglaophamus verrilli</i>	20	112	37.2	37.2	66.66
<i>Sigambra tentaculata</i>	15	4	1.32	38.52	100
<i>Abyssoninoe</i> sp. 1	14	20	6.64	45.16	66.66
<i>Glycera americana</i>	13	12	3.98	49.14	66.66
<i>Glycera prosobranchia</i>	10	9	2.99	52.12	33.33
<i>Glycera oxycephala</i>	9	8	2.65	54.77	66.66
<i>Lumbrineris latreilli</i>	9	4	1.32	56.09	33.33
<i>Scoletoma tetraura</i>	9	40	13.28	69.37	33.33
<i>Glycera pacifica</i>	8	4	1.32	70.69	33.33
<i>Goniada maculata</i>	8	4	1.32	72.01	33.33

En las dos zonas restantes, las especies dominantes fueron distintas: en el suroeste fue *Glycera* sp. 1 (familia Glyceridae) (Tabla 15), mientras que en la boca del golfo fue *Mooreonuphis elsiae* (familia Onuphidae) (Tabla 16). Como ya se había mencionado, los glicéridos son comunes en fondos arenosos como los muestreados en este estudio, mientras que los onúfidos se pueden encontrar en diversos tipos de sustratos (Pleijel 2001). De acuerdo con Hernández-Alcántara (2002), la familia Onuphidae se encuentra entre las primeras cinco más abundantes en el Golfo de California. La mayoría de especies de esta familia son tubícolas, la estructura de sus tubos puede variar, llegando a construir tubos permanentes de consistencia muy rígida, que incluso pueden ocurrir en densas agregaciones (Bailey-Brock 1984; Ban y Nelson 1987). Lo anterior puede constituir un aspecto importante para el establecimiento de un onúfido como especie dominante en la boca del golfo, confiriéndole cierto grado de protección ante las condiciones adversas que se presentan en esa zona por la confluencia de distintas masas de agua.

**Tabla 15. Índice de Valor Biológico (IVB) calculado para las especies de la región sur, costas occidentales (verano otoño).**

<b>Especie</b>	<b>IVB</b>	<b>N</b>	<b>N (%)</b>	<b>N acumulada</b>	<b>Frecuencia (%)</b>
<i>Glycera</i> sp. 1	49	55	8.8	8.8	75
<i>Ceratocephale oculata</i>	48	63	10.08	18.88	75
<i>Nephtys panamensis</i>	46	36	5.76	24.64	87.5
<i>Aglaophamus verrilli</i>	33	101	16.16	40.8	50
<i>Nephtys californiensis</i>	29	14	2.24	43.04	62.5
<i>Eunice multicylindri</i>	28	15	2.4	45.44	62.5
<i>Kinbergonuphis cedroensis</i>	26	22	3.52	48.96	62.5
<i>Glycera tessellata</i>	24	16	2.56	51.52	37.5
<i>Lumbrineris latreilli</i>	24	22	3.52	55.04	50
<i>Lumbrinerides platypygos</i>	21	8	1.28	56.32	37.5

**Tabla 16. Índice de Valor Biológico (IVB) calculado para las especies de la región de la boca del golfo, costas occidentales (verano otoño).**

<b>Especie</b>	<b>IVB</b>	<b>N</b>	<b>N (%)</b>	<b>N acumulada</b>	<b>Frecuencia (%)</b>
<i>Mooreonuphis elsiae</i>	17	5	8.06	8.06	66.66
<i>Marphysa conferta</i>	16	3	4.83	12.89	66.66
<i>Eunice</i> sp. 1	10	22	35.48	48.37	33.33
<i>Glycera tessellata</i>	10	2	3.22	51.59	33.33
<i>Drilonereis longa</i>	10	2	3.22	54.81	33.33
<i>Eunice vittatopsis</i>	9	16	25.8	80.61	33.33
<i>Glycera oxycephala</i>	9	1	1.61	82.22	33.33
<i>Glycera</i> sp. 1	9	1	1.61	83.83	33.33
<i>Goniada brunnea</i>	9	1	1.61	85.44	33.33
<i>Lumbrinerides platypygos</i>	9	1	1.61	87.05	33.33

## 5. Índices de diversidad

De acuerdo con el análisis de varianza, el índice de diversidad de Shannon-Wiener no presentó variaciones espaciales ni temporales significativas, mientras que el índice de equidad de Pielou sólo presentó diferencias batimétricas significativas (Tabla 17). El índice de distinción taxonómica fue la única variable que presentó diferencias temporales y espaciales significativas (latitudinales) (Tabla 17).

Tabla 17. Resultados del análisis de varianza (PERMANOVA) ( $p < 0.05$ ) al evaluar el efecto de la ubicación geográfica y la estacionalidad sobre los índices de diversidad.

Variable	Factor	Pseudo-F	P	% variación
Diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ )	Temporada	0.84	0.404	0
	Continental	0.63	0.461	0
	Zona	2.49	0.113	5.59
	Plataforma	2.13	0.139	1.85
Índice de equidad de Pielou ( $J'$ )	Temporada	0.2	0.658	0
	Continental	9.36	0.845	0
	Zona	1.67	0.248	1.98
	Plataforma	4.43	<b>0.028</b>	17.3
Distinción taxonómica ( $\Delta+$ )	Temporada	5.89	<b>0.043</b>	5.57
	Continental	2.61	0.163	0.78
	Zona	10.18	<b>0.014</b>	6.22
	Plataforma	2.61	0.121	3.27

### 5.1 Índice de diversidad de Shannon-Wiener

El índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) no presentó variaciones espaciales ni estacionales significativas (Tabla 17), sus valores oscilaron entre 1 y 2.9 (con excepción de dos estaciones en invierno-primavera, donde se observaron valores inferiores a 1) y presentaron promedios similares en ambas temporadas (invierno-primavera:  $\bar{X} = 2.09$ ,  $\sigma = 0.53$ ; verano-otoño:  $\bar{X} = 2.16$ ,  $\sigma = 0.50$ ).

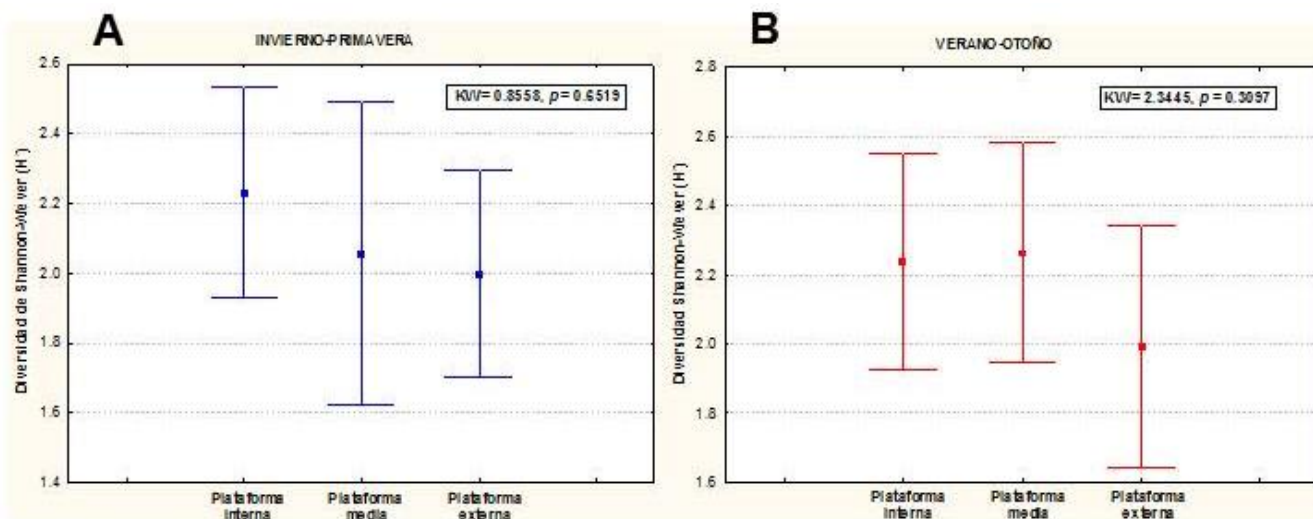
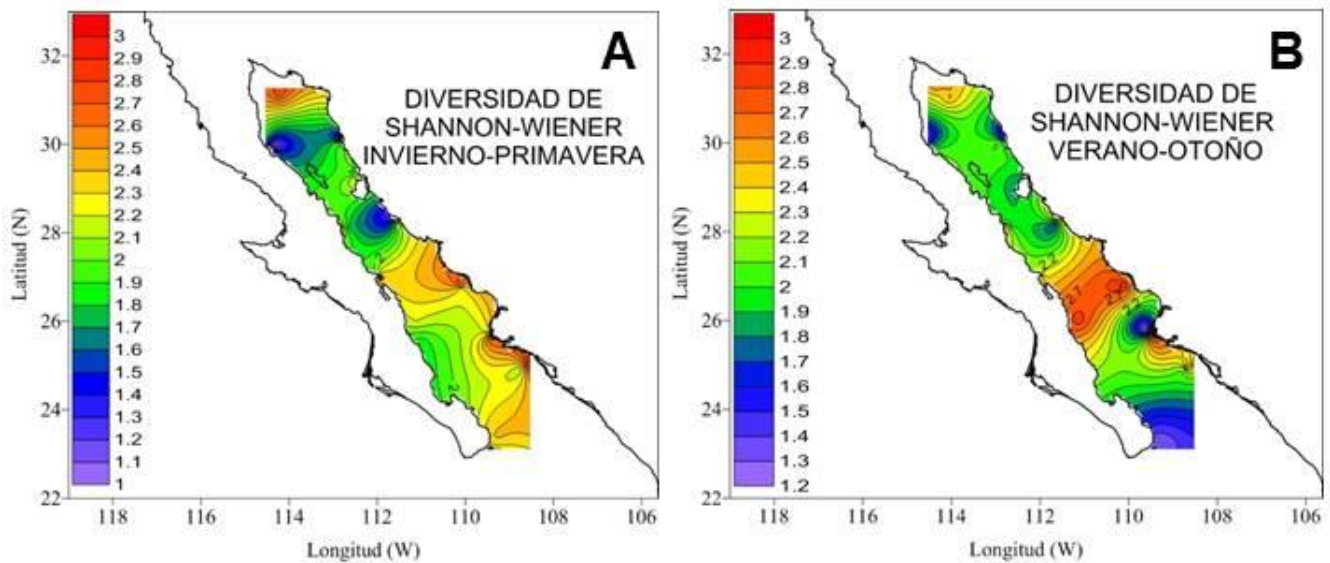


Figura 22. Promedio y desviación estándar del índice de diversidad de Shannon-Wiener por nivel de la plataforma continental. A) Invierno-primavera. B) Verano-otoño.

No existe un amplio intervalo de diferencia entre los valores más altos y más bajos del índice de diversidad. Los valores fueron muy similares en ambas temporadas y tienen una distribución muy heterogénea a lo largo del golfo (estaciones cercanas presentaron valores muy distintos). Debido a lo anterior, no se pudo distinguir ninguna tendencia en la distribución de los valores del índice de diversidad, ni vertical (Fig. 22), ni horizontal (Fig. 23) por lo que en este caso no parece ser una variable adecuada para definir patrones faunísticos. No obstante, los valores más altos en ambas

temporadas se encontraron en la región suroeste (Fig. 23) y coinciden más o menos con los puntos donde se observaron los valores superiores de riqueza de especies.



**Figura 23. Distribución de los valores del índice de diversidad de Shannon-Wiener en el Golfo de California. A) Invierno-primavera. B) Verano-otoño.**

Los valores observados del índice de diversidad de Shannon-Wiener se pueden considerar en general como bajos, comparados con los registrados en otros estudios realizados con poliquetos en el Golfo de California, donde estos han oscilado entre 1.5 y 5.16 (Hernández-Alcántara 2002), 3.09 y 4.14 (Rodríguez-Villanueva *et al.* 2000) y 0.81 y 4.1 (Méndez 2007), etc. Sin embargo, se debe considerar que en este estudio sólo se tomó en cuenta un clado con un número limitado de familias, lo cual puede explicar los valores bajos observados en el índice.

## 5.2 Índice de equidad de Pielou

El índice de equidad de Pielou ( $J'$ ) presentó valores que oscilaron entre 0.67 y 1 en invierno-primavera ( $\bar{X} = 0.82$ ,  $\sigma = 0.12$ ) y entre 0.55 y 0.97 en verano-otoño ( $\bar{X} = 0.81$ ,  $\sigma = 0.10$ ). Únicamente se presentaron variaciones significativas entre niveles de la plataforma continental (Tabla 17), que sólo fueron evidentes en verano-otoño (Fig. 24B). En invierno-primavera se puede observar una tendencia aparente del índice a incrementar sus valores desde la plataforma interna hacia la externa; sin embargo, según la prueba de Kruskal-Wallis, no existen diferencias significativas entre los niveles de la misma ( $p > 0.05$ ) (Fig. 24A). En ambas temporadas, los valores presentaron una amplia variación en los tres niveles de la plataforma: en general, en la plataforma interna se observaron los valores más bajos, mientras que en la media y externa fueron muy similares (Fig. 24A). Lo anterior indica que en la plataforma media y externa la cantidad de organismos está distribuida de manera más equitativa entre las especies encontradas, mientras que en la plataforma interna ocurre lo contrario, por lo que es más probable encontrar alguna/s especie/s dominantes. En el caso de la plataforma interna en invierno-primavera, se pudo observar que la especie dominante que provoca la disminución en los valores de equidad fue *Aglaophamus verrilli*.



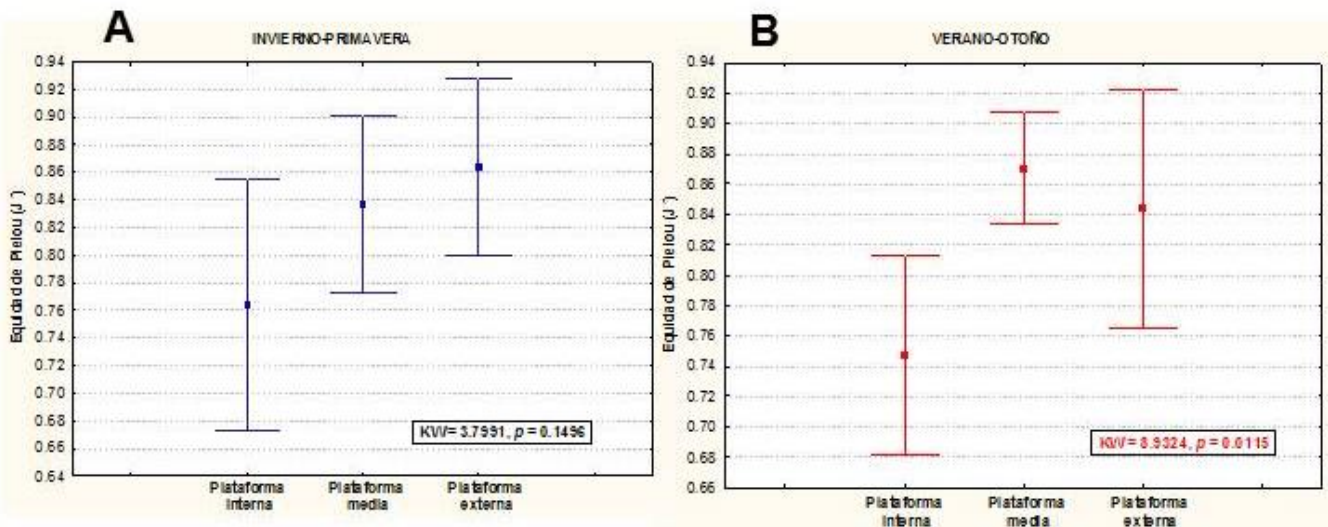


Figura 24. Promedio y desviación estándar del índice de equidad de Pielou por nivel de la plataforma continental. A) Invierno-primavera. B) Verano-otoño.

Por otro lado, se observó que los valores de equidad no son proporcionales a los de diversidad (mayor equidad a mayor diversidad). De hecho, valores más bajos de equidad se corresponden con valores intermedios de diversidad. En las estaciones donde esto ocurre, se pudieron observar valores de abundancia y riqueza elevados, pero también dominancia por parte de una especie.

En el índice de equidad de Pielou se observó un comportamiento similar al del índice de diversidad de Shannon. Los valores son muy similares en ambas temporadas, en general altos (Fig. 25) y no ayudan a distinguir cambios estacionales ni espaciales a lo largo del golfo. Aunque haya un recambio importante de especies entre temporadas, al parecer, la proporción entre el número de especies y el número de organismos no varía demasiado, lo cual se refleja en valores similares de este índice a lo largo del año.

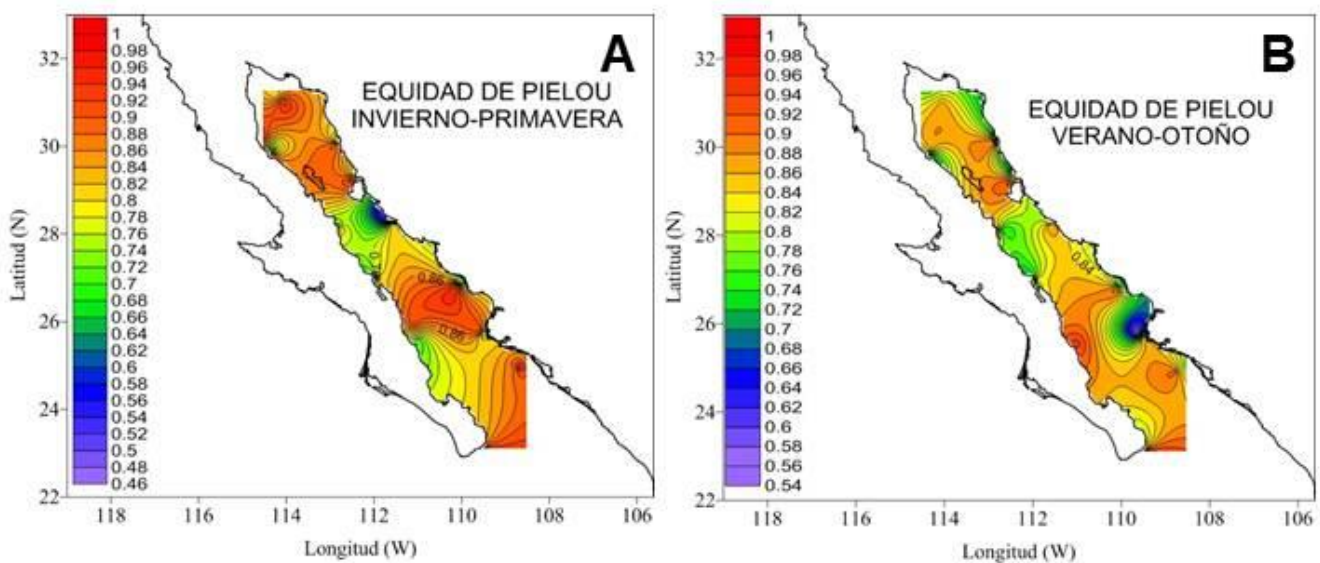


Figura 25. Distribución de los valores del índice de equidad de Pielou en el Golfo de California. A) Invierno-primavera. B) Verano-otoño.



### 5.3 Índice de distinción taxonómica

El índice de distinción taxonómica fue la única variable que presentó diferencias significativas entre temporadas (Tabla 17). Lo anterior puede estar relacionado con el hecho de que en invierno-primavera, el número de especies identificadas fue menor, pero el de géneros y familias fue mayor con respecto a la otra temporada (Fig. 15). Lo anterior supone cambios en los valores del índice, con tendencia a elevarse debido a la presencia de menos especies pertenecientes al mismo género y/o familia, y por lo tanto, menor cercanía taxonómica entre éstas. El 94% de las estaciones presentó valores superiores a 90 en invierno-primavera, y el 85% en verano-otoño, en la primera temporada se encontró una mayor variedad de especies taxonómicamente distantes que en la segunda. A pesar de que en general los valores de este índice fueron superiores en invierno-primavera, al parecer las comunidades de poliquetos son taxonómicamente bastante heterogéneas en toda la zona de estudio, independientemente de la temporada, ya que en ambas se encontraron valores altos. Por otro lado, a pesar de que el número de géneros es considerablemente menor al número de especies identificadas en cada temporada, dentro de cada estación la mayoría de especies pertenecen a géneros e incluso a familias distintas.

El índice de distinción taxonómica también presentó variaciones latitudinales significativas en invierno-primavera, poniendo en evidencia un patrón irregular de aumento en los valores del mismo desde la región norte hacia la boca (Figs. 26A y 27A), ausente en verano-otoño (Figs. 26B y 27B). En general, los valores de este índice se mantienen más o menos constantes a lo largo del tiempo, con excepción de los registrados en la boca del golfo. En esta zona, los valores presentaron una amplia variación en ambas temporadas, encontrándose ahí algunos de los valores más bajos y los más altos, ya que en una de las estaciones de esa zona se registraron varias especies, pero gran parte de ellas pertenecientes a la misma familia, mientras que en otra se registró un menor número de especies, pero todas pertenecientes a un género y a una familia distinta, dando como resultado un valor de 100.

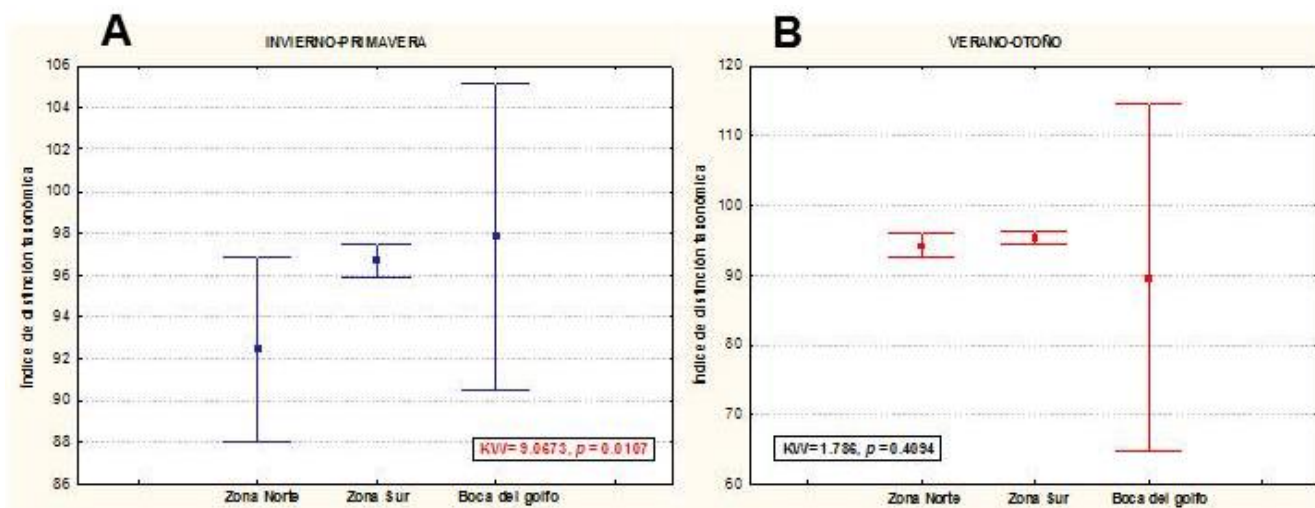
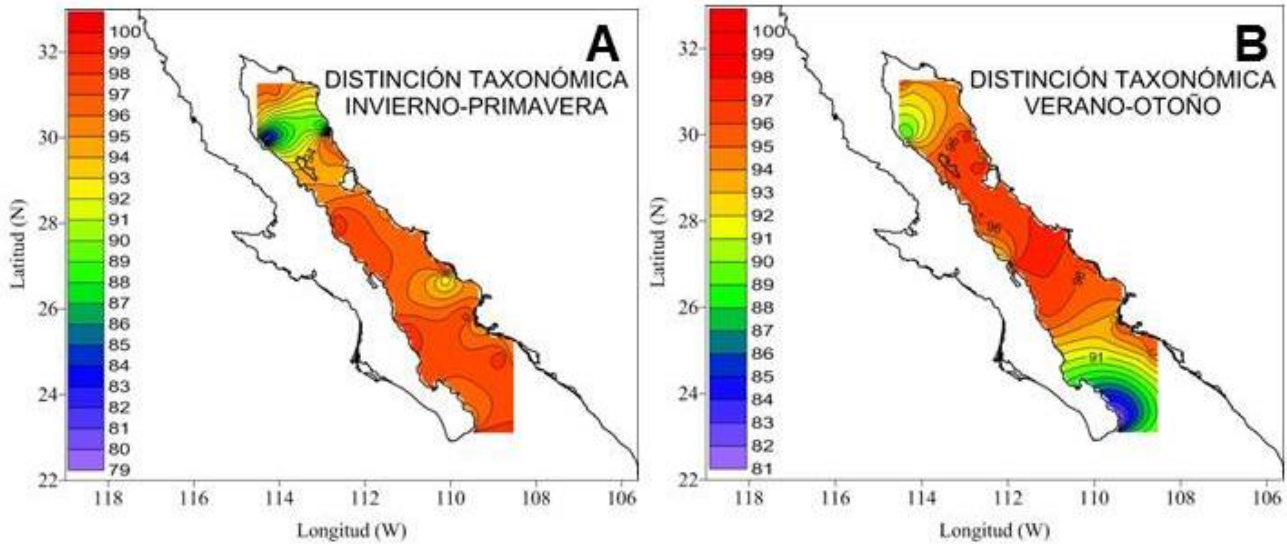


Figura 26. Promedio y desviación estándar del índice de distinción taxonómica ( $\Delta^+$ ) por zona del golfo. A) Invierno-primavera. B) Verano-otoño.

Por otro lado, los valores del índice de distinción taxonómica mostraron una notoria disminución en la región suroeste del golfo durante verano-otoño, ya que durante esa temporada, una corriente de agua fría sale del golfo con dirección hacia el Océano Pacífico, lo cual puede alterar las condiciones ambientales e impedir el establecimiento de un mayor número de especies taxonómicamente distantes.

Por otro lado, los valores del índice de distinción taxonómica mostraron una notoria disminución en la región suroeste del golfo durante verano-otoño. Esto quizás se podría explicar porque, durante esa temporada, una corriente de agua fría sale del golfo con dirección hacia el Océano Pacífico, lo cual podría alterar las condiciones ambientales e impedir el establecimiento de un mayor número de especies taxonómicamente distantes, pero no se ha comprobado aún.



**Figura 27.** Distribución de los valores del índice de distinción taxonómica en el Golfo de California. A) Invierno-primavera. B) Verano-otoño.

## 6. Relaciones fauna-ambiente

Diversas evidencias han demostrado que las comunidades de la plataforma continental están altamente influenciadas por factores ambientales (Warwick 1984). Factores locales como la profundidad, el tipo de sedimento, la tasa de sedimentación, la temperatura, concentraciones de oxígeno disuelto y la contaminación se han registrado como variables clave para explicar diferencias espaciales y estacionales en las comunidades de invertebrados bentónicos (Hernández-Alcántara y Solís-Weiss 2011).

De acuerdo con el análisis BIO-ENV, el conjunto de variables que mejor podría explicar la composición biótica en la temporada invierno-primavera incluye a la profundidad, la salinidad y el porcentaje de materia orgánica (Tabla 18). Sin embargo, tal selección de variables produjo una baja correlación con la matriz de abundancia de especies ( $R=0.35$ ) (Tabla 18), que resultó no ser significativa ( $p>0.05$ ). Debido a lo anterior, las variables ambientales evaluadas en este estudio no permitieron explicar las diferencias espaciales en la composición de especies durante invierno-primavera. Es probable que otros parámetros físicos y/o químicos que no fueron considerados en este estudio sean más importantes durante esta temporada para determinar la estructura de las comunidades de poliquetos.

**Tabla 18. Resultados del análisis BIO-ENV entre la matriz de abundancia de especies y las variables ambientales en invierno-primavera.**

<b>Variabes</b>	<b>Coefficiente de correlación de Spearman</b>
Profundidad, salinidad y % de materia orgánica	0.350
Profundidad, salinidad, % de materia orgánica y % de arena	0.340
Profundidad-salinidad y % de materia orgánica	0.331
Profundidad-salinidad, % de materia orgánica y % de arena	0.319
Profundidad, salinidad y % de arena	0.319

En la temporada verano-otoño, el conjunto de variables que mejor explicó la composición de especies incluyó a la temperatura, la salinidad y el porcentaje de arena (Tabla 19). La correlación entre éstas fue moderada ( $R=0.532$ ) y estadísticamente significativa ( $p<0.05$ ). Estas variables coinciden con tres de las cuatro seleccionadas a través del análisis de componentes principales, lo cual indica que son las más importantes en la determinación de diferencias ambientales en la zona de estudio, y por lo tanto, en el establecimiento de distintos hábitats y/o condiciones, que a su vez, se ven reflejados en la fauna. Lo anterior se sustenta en el hecho de que el análisis BIO-ENV se basa en la premisa de que pares de muestras que son muy similares en términos de un conjunto de variables físicas y/o químicas tendrán una composición de especies muy similar, proveyendo, de esta manera, las variables relevantes en la determinación de la estructura comunitaria (Clarke y Ainsworth 1993).

**Tabla 19. Resultados del análisis BIO-ENV entre la matriz de abundancia de especies y las variables ambientales en la temporada Verano-Otoño.**

<b>Variabes</b>	<b>Coefficiente de correlación de Spearman</b>
Temperatura, salinidad y % de arena	0.532
Salinidad, oxígeno disuelto y % de arena	0.495
Temperatura, salinidad, % de materia orgánica y % de arena	0.490
Temperatura-oxígeno disuelto y % de arena	0.486
Salinidad y % de arena	0.481

Durante verano-otoño, la distribución espacial de los organismos está altamente influenciada por la temperatura. En todas las estaciones, la temperatura aumentó en esta temporada, lo cual se debe a una intensificación en los procesos de transferencia de calor latente a la atmósfera a través de una mayor evaporación, a la formación de nubes que potencian el albedo en la región (Bernal *et al.* 2001) y a la entrada de la Corriente Norecuatorial que conduce agua caliente (26°C) hacia el noroeste y se mezcla con masas interiores (Cano 1991). La temperatura también puede reflejar la influencia de factores relacionados, como la profundidad, que presentó una relación directa, y la concentración de oxígeno disuelto, que mostró una relación inversa con dicha variable. Tomando en cuenta el PCA y el diagrama de caja de temperatura que se realizaron previamente, se puede observar que esta variable define claramente diferencias batimétricas entre las estaciones de muestreo, que se reflejan en algunos parámetros bióticos como la abundancia, la riqueza específica (ambas disminuyen conforme disminuye la temperatura) y la composición de especies. Con base en dichos análisis, puede suponerse que los cambios batimétricos en la temperatura son los causantes de los patrones bióticos en verano-otoño. Sin embargo, dicho gradiente también fue detectado en invierno-primavera. Aparentemente, lo que determina la composición de especies en verano-otoño es el incremento en la temperatura en todo el Golfo de California. Es probable que dicho incremento pueda permitir la extensión en el rango de distribución de algunas especies y el establecimiento de otras con afinidades tropicales que quizás no sean aptas para desarrollarse de manera óptima en las temperaturas inferiores que se registran en general durante invierno-primavera. De acuerdo con Hernández-Alcántara y Solís-Weiss (2005), la

relación entre la temperatura y la fauna en el Golfo de California es más bien resultado de cambios en los límites espaciales de las masas de agua y de los patrones de circulación, más que el efecto directo sobre el metabolismo de los organismos.

Los valores de salinidad fueron mucho más variables en verano-otoño (31.64-36.06 ups), y aunque en general fueron superiores en las costas orientales, no se pudo distinguir claramente ninguna tendencia espacial, por lo que presentaron una distribución muy heterogénea en todo el Golfo de California. Esas variaciones más acentuadas en la salinidad durante esta temporada pueden determinar cambios importantes en la estructura de las comunidades, ya que pequeños cambios en la salinidad pueden alterar considerablemente el hábitat de ciertas especies, particularmente en el norte y en el centro del golfo, donde existe una productividad muy alta (Álvarez-Borrego 1983).

Muchos factores influyen la distribución y abundancia de poliquetos, pero uno de los más importantes es la estructura y composición de los sedimentos (Hutchings 1998), ya que constituye su hábitat y está relacionado con la disponibilidad de alimento, entre otras cosas. En años recientes, se ha vuelto evidente que la relación entre las comunidades bentónicas y el tipo de sedimento resulta de la interacción entre factores bióticos (actividad microbiana, contenido de materia orgánica, competencia, depredación, bioturbación, establecimiento de larvas, etc.) y abióticos (tamaño de grano, hidrodinámica, química de la interfase agua-sedimento, etc.), junto con procesos de transporte de sedimentos, resuspensión y acumulación (Warwick y Uncles 1980; Gray 1981; Butman 1987; Snelgrove y Butman 1994; Hall 1994).

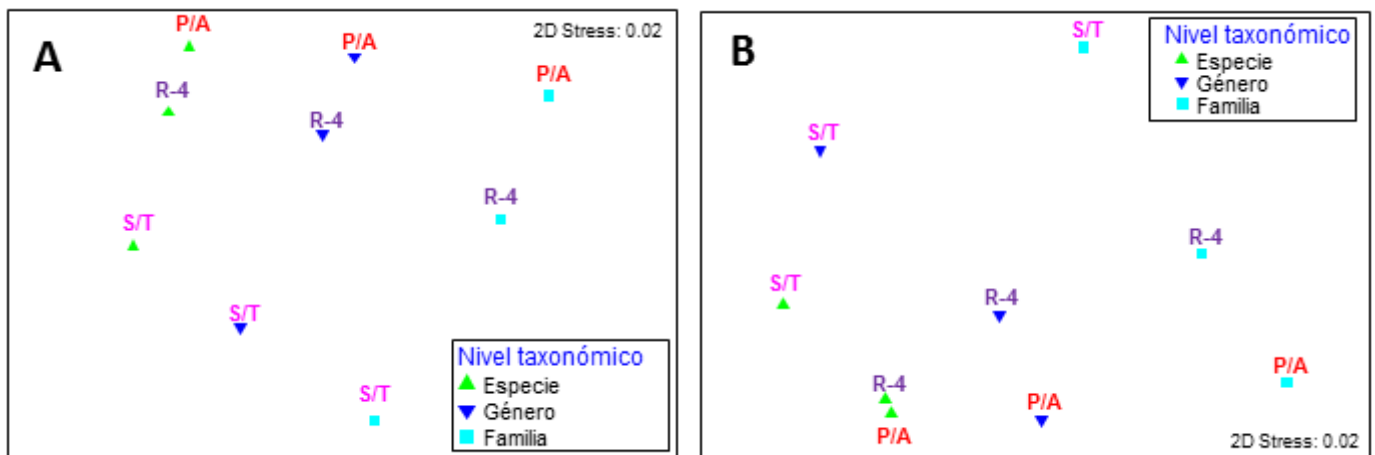
En este estudio, únicamente se consideraron el porcentaje de arena y el porcentaje de materia orgánica como características de los sedimentos, cuya relación inversa permite su análisis en conjunto. En general, tanto los porcentajes de arena como los de materia orgánica fueron muy variables a lo largo del golfo. Aunque los valores de estas variables fueron similares en ambas temporadas, en verano-otoño, el porcentaje de arena presentó una tendencia a disminuir conforme aumentó la profundidad, y la materia orgánica una tendencia inversa. Este cambio batimétrico en ambas variables durante verano-otoño pudo determinar parcialmente la composición de especies durante esta temporada. Tomando en cuenta análisis previos de la fauna, tanto la abundancia como la riqueza disminuyeron conforme aumentó la profundidad en esta temporada, al igual que el porcentaje de arena, lo cual implica un aumento en el porcentaje de materia orgánica hacia la plataforma externa. Lo anterior puede indicar que la composición de especies no está necesariamente relacionada con el contenido de materia orgánica en los sedimentos y que, por lo tanto, dicha variable no representa un factor limitante para los organismos del clado Aciculata, tomando en cuenta que la mayoría son considerados carnívoros. De acuerdo con Levin y Gage (1998), porcentajes elevados de materia orgánica pueden conducir a la reducción en el número de especies y, por lo tanto, incrementar la dominancia, lo cual puede explicar la relación inversa entre la riqueza específica y la materia orgánica en la zona. Por ello, en este caso, es probable que el porcentaje de arena (relacionado con el tamaño de grano) sea el factor determinante de la composición de especies, considerando que algunas requieren tamaños de grano específicos para la construcción de tubos (Mancinelli *et al.* 1998). Méndez (2012) también sugirió que la materia orgánica no es un factor limitante para las comunidades de poliquetos de aguas profundas del sureste del Golfo de California.

Aunque los resultados obtenidos difieren un poco de los observados en otros estudios, algunas de las variables ambientales responsables de los patrones bióticos coinciden con las comúnmente registradas en la literatura. Méndez (2007) encontró que las variables ambientales mejor correlacionadas con el número de especies y la diversidad fueron la profundidad, la temperatura y el oxígeno disuelto. Sin

embargo, hay que enfatizar que en ese estudio se analizaron comunidades de poliquetos de mar profundo, donde el oxígeno puede ser un factor limitante, situación que no ocurre en la plataforma continental. Hernández-Alcántara y Solís-Weiss (2005) mencionaron que la composición del clado Spionida en el Golfo de California estaba determinada principalmente por la profundidad y el porcentaje de arena durante invierno-primavera y por la profundidad, la temperatura y el porcentaje de arena en verano. Por otro lado, Hernández-Alcántara y Solís-Weiss (2011) observaron que la composición de especies de poliquetos en el alto golfo está determinada principalmente por el tipo de sedimento.

## 7. Suficiencia taxonómica

En ambas temporadas, la abundancia de los tres niveles taxonómicos utilizados (especie, género y familia) aporta información distinta, independientemente de si los datos fueron o no transformados y del tipo de transformación aplicada (Fig. 28). Este análisis da una representación objetiva e informativa sobre las diferencias entre todas las matrices de similitud derivadas de diferentes niveles taxonómicos usando distintas transformaciones. Típicamente, un análisis 2-STAGE de una matriz de correlaciones muestra un patrón de “abanico”, revelando una separación de grupos horizontal para los niveles taxonómicos y una separación vertical para las transformaciones (Fig. 28). Esto muestra que mientras ambos factores afectan los resultados del análisis, los efectos de cada uno son diferentes y en gran medida, no están relacionados (Olsgard *et al.* 1997). Al parecer, matrices de abundancias construidas con distintos niveles de transformación, pero al mismo nivel taxonómico (especie, género o familia), tienden a agruparse más que aquellas que están sometidas al mismo tipo de transformación (Fig. 28). Lo anterior indica que el nivel taxonómico al que están agrupadas las abundancias tiene más efecto sobre los datos que el tipo de transformación aplicada. Cabe mencionar que conforme aumenta el nivel taxonómico, los efectos subsecuentes de las transformaciones se vuelven más fuertes.



**Figura 28. MDS de segunda vuelta (2-STAGE) de las correlaciones entre niveles taxonómicos con distintas transformaciones: S/T: sin transformación, R-4: raíz cuarta, P/A: presencia/ausencia. A) Invierno-primavera. B) Verano-otoño.**

Los valores de correlación entre matrices de similitud basadas en distintos niveles taxonómicos y con diferentes transformaciones tienden a ser menores entre matrices derivadas de abundancias a niveles taxonómicos superiores, y usando transformaciones más fuertes (Olsgard *et al.* 1997). En ambas temporadas se observó un patrón de incremento de las diferencias relativas entre matrices derivadas de las abundancias agregadas a niveles taxonómicos superiores (Tablas 20 y 21). En invierno-primavera,

los valores de correlación fueron los siguientes: especie-especie (entre 0.79 y 0.98), especie-género (entre 0.63 y 0.82) y especie-familia (entre 0.46 y 0.67) (Tabla 20). En verano-otoño se observó la misma tendencia y valores de correlación similares: especie-especie (entre 0.84 y 0.98), especie-género (entre 0.68 y 0.85) y especie-familia (0.48 y 0.67) (Tabla 21).

**Tabla 20. Matriz de correlaciones (Spearman) entre los conjuntos de datos de tres niveles taxonómicos con distintas transformaciones (invierno-primavera).**

I-P	SPP	SPP R-4	SPP PA	GEN	GEN R-4	GEN PA	FAM	FAM R-4
SPP R-4	0.88							
SPP PA	0.79	0.98						
GEN	0.82	0.71	0.66					
GEN R-4	0.71	0.82	0.82					
GEN PA	0.63	0.78	0.81					
FAM	0.67	0.53	0.47					
FAM R-4	0.57	0.62	0.61					
FAM PA	0.46	0.56	0.58					

**Tabla 21. Matriz de correlaciones (Spearman) entre los conjuntos de datos de tres niveles taxonómicos con distintas transformaciones (verano-otoño).**

	SPP	SPP R-4	SPP PA	GEN	GEN R-4	GEN PA	FAM	FAM R-4
SPP R-4	0.91							
SPP PA	0.84	0.98						
GEN	0.82	0.75	0.68					
GEN R-4	0.77	0.85	0.85					
GEN PA	0.69	0.80	0.82					
FAM	0.60	0.62	0.61					
FAM R-4	0.61	0.67	0.67					
FAM PA	0.48	0.56	0.57					

La tendencia observada en las dos temporadas revela que hay una pérdida significativa de información si se trabaja con niveles taxonómicos superiores a especie. Se pierde información de concordancia entre los patrones multivariados representados por las similitudes entre estaciones (dadas por las especies y las abundancias de éstas en las muestras). Por lo tanto, al menos con este grupo de invertebrados en la zona de estudio e independientemente de la época del año en la que se trabaje, lo conveniente es utilizar una resolución taxonómica fina, identificando a los organismos hasta nivel de especie (considerando que se trata de un estudio ecológico en el que sólo se tomaron en cuenta gradientes naturales). Los patrones de comunidades bentónicas a distintos niveles taxonómicos son importantes desde el punto de vista del potencial ahorro de tiempo y costos, sin embargo, no siempre es recomendable trabajar a niveles taxonómicos superiores. No obstante, es una decisión que se debe tomar con base en los objetivos del estudio en curso. Olsgard *et al.* (1997) mencionan que análisis a niveles taxonómicos superiores reflejan mejor un gradiente de contaminación que los análisis basados en abundancias de especies, ya que éstas últimas probablemente pueden causar confusiones tomando en cuenta la heterogeneidad ambiental de los ecosistemas. De hecho, en gradientes naturales de variables ambientales, como la profundidad y la granulometría, es más probable que la fauna se vea afectada por reemplazo de especies que por cambios en la proporción de taxones superiores. Warwick (1988b) sugiere que existen posibles ventajas teóricas en hacer análisis multivariados a niveles taxonómicos

superiores en estudios sobre efectos antropogénicos. En áreas muy heterogéneas, como el Golfo de California, o áreas con gradientes de contaminación débiles o poco marcados, es posible que los patrones comunitarios sean menos obvios a niveles taxonómicos superiores (Olsgard *et al* 1997), por lo que no es recomendable aplicar este principio en la zona de estudio.

## CONCLUSIONES

En el Golfo de California existe variabilidad ambiental a lo largo de un ciclo anual; las condiciones que prevalecen en invierno-primavera son estadísticamente diferentes a las que prevalecen en verano-otoño.

No se observaron patrones temporales definidos en las variables ambientales medidas, lo cual resalta la heterogeneidad ambiental de la zona y la existencia de condiciones locales muy particulares en algunas regiones.

La temperatura y el oxígeno disuelto en ambas temporadas y la salinidad en verano-otoño presentaron diferencias batimétricas significativas, mostrando gradientes espaciales de cambio que coinciden con los patrones previamente observados en la zona.

La concentración de oxígeno disuelto es la principal variable que determina la existencia de patrones ambientales entre las localidades de muestreo.

La división batimétrica utilizada en plataforma interna ( $Z < 40$  m), plataforma media ( $40 < Z < 80$  m) y plataforma externa ( $80 < Z < 120$  m), resultó adecuada para determinar diferencias significativas entre la fauna; por ello, se propone su uso para subsecuentes estudios.

Los valores mas altos de abundancia y riqueza de especies se registraron en verano-otoño, lo cual indica que las condiciones prevalecientes permiten el establecimiento de especies con afinidades tropicales y subtropicales, que provienen del Océano Pacífico adyacente e ingresan al golfo a través de la boca durante dicha temporada.

Ni la abundancia ni la riqueza específica mostraron diferencias latitudinales significativas, por lo cual no fue posible detectar claramente el gradiente latitudinal observado en otros grupos de invertebrados.

Tanto la abundancia como la riqueza específica presentaron diferencias batimétricas significativas, mostrando una disminución en sus valores con el aumento de la profundidad.

Se observaron diferencias significativas en la composición de especies; sólo el 35% de las especies se registraron en ambas temporadas, lo cual supone un importante recambio de especies de una temporada a otra.

En ambas temporadas, la composición de especies presentó diferencias batimétricas significativas, lo cual demuestra que también existe un recambio importante de especies entre intervalos de profundidad.

Las diferencias espaciales en la composición de especies detectadas únicamente en verano-otoño (latitudinales y entre costas) demuestran que durante esta temporada las condiciones son más heterogéneas y/o más favorables que en invierno-primavera.

*Aglaophamus verrilli* es la especie dominante en ambas temporadas y en gran parte del golfo, principalmente en zonas someras (plataforma continental interna).

Los índices bióticos calculados (Shannon y Pielou) presentaron valores similares en ambas temporadas y ninguno reflejó patrones distinguibles, por lo que en este caso no se consideran indicadores adecuados para describir a las comunidades de poliquetos de la zona.

El índice de distinción taxonómica presentó valores altos en todo el golfo, lo cual indica que existe una alta variedad de géneros y especies que no están taxonómicamente muy relacionados, por lo cual se trata de comunidades muy diversas.

En invierno-primavera ningún conjunto de variables pudo explicar los patrones faunísticos observados, por lo que la composición de especies en esa temporada puede estar determinada por otros parámetros.

En verano-otoño, la temperatura, la salinidad y el porcentaje de arena presentaron una correlación significativa con los patrones faunísticos.

El oxígeno disuelto es una variable determinante de diferencias ambientales en la zona; sin embargo, no representa un factor limitante para los poliquetos de la plataforma continental y no afecta de manera significativa su distribución.

El principio de suficiencia taxonómica no es aplicable para este grupo de organismos en la región, considerando gradientes naturales, por lo que se recomienda su identificación hasta nivel taxonómico de especie.



## LITERATURA CITADA

- Aceves-Medina, G., Jiménez-Rosenberg, S.P.A., Hinojosa-Medina, A., Funes-Rodríguez, R., Saldiema, R.J., Lluch-Belda, D., Smith, P.E. y Watson, W. (2003) Fish larvae from the Gulf of California. *Scientia Marina*. 61(1): 1-11
- Aguayo, J.E. (1981) Sources of terrigenous sediments deposited in the Guaymas Basin Gulf of California, N.W. Mexico. *The Geological Society of America (Cordilleran Section) Annual Meeting, Hermosillo, Sonora, México*. Marzo 8-11.
- Alongi, D.M. (1989) Ecology of tropical soft-bottom benthos: a review with emphasis on emerging concepts. *Revista de Biología Tropical*. 37(1): 85-100.
- Álvarez, S. y Galindo, L.A. (1974) Hidrología del Alto Golfo de California 1: Condiciones durante Otoño. *Ciencias Marinas*. 1(1): 46-64.
- Álvarez-Borrego, S.L. (1983) Gulf of California *En*: Ketchum, B.H. (Ed.). *Estuaries and enclosed seas*. Elsevier, Amsterdam. 427-449 pp.
- Álvarez-Borrego, S.L. y Galindo-Bect, L.A. (1976) Hidrología del alto Golfo de California I: Condiciones durante otoño. *CalCOFI Report*. 18: 51-59.
- Álvarez-Borrego, S. y Schwartzlose, R.A. (1979) Masas de agua del Golfo de California. *Ciencias Marinas*. 6:43-63.
- Álvarez-Borrego, S.L., Flores, B.P. y Galindo-Bect, L.A. (1975) Hidrología del alto Golfo de California 2: Condiciones durante invierno, primavera y verano. *Ciencias Marinas*. 2(1): 21-36.
- Álvarez-Borrego, S.L., Rivera, J.A., Gaxiola-Castro, G., Acosta-Ruiz, M.J. y Schwartzlose, R.A. (1978) Nutrientes en el Golfo de California. *Ciencias Marinas*. 5: 21-36.
- Álvarez-Sánchez, S.L., Wyatt, B. y Stevenson, M.R. (1978) Corrientes en la región de la Boca del Golfo de California en la primavera de 1970. *Ciencias Marinas*. 5(2): 105-118.
- Anderson, M.J. (2001) A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*. 26: 32-46.
- Anderson, M.J. y ter Braak, C.J.F. (2003) Permutation tests for multi-factorial analysis of variance. *Journal of Statistical Computation and Simulation* 73(2): 85-113.
- Argote, M.L., Amador, A., Lavin, M.F. y Hunter, R. (1995) Tidal dissipation and stratification in the Gulf of California. *Journal of Geophysical Research*. 100: 16103-16118.
- Audouin, J.V. y Milne Edwards, H. (1834) Recherches pour servir a l'histoire naturelle du litoral de la France, ou Recueil de mémoires sur l'anatomie, la physiologie, la classification et les moeurs des animaux de nos côtes; ouvrage accompagné de planches faites d'après nature. Vol. 2 Annélides Part 1. Crochart, Paris. 290 pp.
- Baba, J., Peterson, C.D. y Schrader, H.J. (1991) Modern fine-grained sediments in the Gulf of California. *En*: Dauphin, J.P. y Simoneit, B.R.T. (Eds.). *The Gulf and Peninsular Province of the Californias*. American Association of Petroleum Geologists Memoirs, vol. 47 Tulsa. 569-587 pp.
- Badan-Dangon, A., Dorman, C.E., Merrifield, M.A. y Winant, C.D. (1991) The lower atmosphere over the Gulf of California. *Journal of Geophysical Research*. 96(C9): 877-896.
- Badan-Dangon, A. (1998) Coastal circulation from the Galápagos to the Gulf of California. *En*: Robinson, A.R. y Brink, K.H. (Eds.) *The Sea*. Wiley, Nueva York. 315-343 pp.
- Badan-Dangon, A., Koblinsky, C.J. y Baumgartner, T. (1985) Spring and summer in the Gulf of California: observations of surface thermal patterns. *Oceanologica Acta*. 8(1): 13-22.
- Bailey-Brock, J.H. (1984) Ecology of the tube-building polychaete *Diopatra leuckarti* Kinberg, 1865 (Onuphidae) in Hawaii: community structure and sediment stabilizing properties. *Zoological Journal of the Linnean Society*. 80: 191-199.

- Banse, K. (1972) On some species of Phyllodocidae, Syllidae, Nephtyidae, Goniadidae, Apistobrachidae and Spionidae (Polychaeta) from the Northeast Pacific Ocean. *Pacific Science*. 26: 191-222.
- Barnes, R.S.K. y Mann, K. (1998) *Fundamentals of aquatic ecology*. Blackwell Science, Oxford. 217 pp.
- Bastida-Zavala, J.R. (1991) *Lycastopis riojai*, a new species of polychaete (Polychaeta: Nereididae) from the Gulf of California. *Revista de Biología Tropical*. 38(2B): 415-420.
- Bastida-Zavala, J.R. (1993) Taxonomía y composición biogeográfica de los poliquetos (Annelida: Polychaeta) de la Bahía de la Paz, B.C.S., México. *Revista de Investigación Científica*. 4(1): 11-39.
- Baumgartner, T.R. y Christensen, N. (1985) Coupling of the Gulf of California to large-scale interannual climatic variability. *Journal of Marine Research*. 43: 825-848.
- Baumgartner, M.T.R., Ferreira, B.V. y Cowen, J. (1991) Reconstruction of a 20th century varve chronology from the Central Gulf of California. En: Dauphin y Simoneit (Eds.) *"The Gulf and Peninsula Province of the California"*. American Association of Petroleum Geologist Memoirs. 47 pp.
- Beier, E. (1997) A numerical investigation of the annual variability in the Gulf of California. *Journal of Physical Oceanography*. 27: 615-632.
- Bergamaschi, B.A., Tsamakis, E., Kiel, R.G., Eglinton, T.I., Montluçon, D.B. y Hedges, J.I. (1997) The effect of grain size and surface area on organic matter, lignin and carbohydrate concentration and molecular composition in Peru Margin sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, V. 61(6): 1247-1260.
- Bernal, G., Ripa, P. y Herguera, J.C. (2001) Variabilidad oceanográfica y climática en el Bajo Golfo de California: influencias del Trópico y Pacífico Norte. *Ciencias Marinas*. 27(4): 595-617.
- Beron-Vera, F.J. y Ripa, P. (2002) Seasonal salinity balance in the Gulf of California. *Journal of Geophysical Research*. 107(C8): 10.1029/2000JC000769.
- Bhaud, M. y Fernández-Álamo, M.A. (2000) Planktonic larvae of *Spiochaetopterus* in the Gulf of California: New evidence that the geographic distribution of species with a long planktonic larval life is relatively restricted. *Ophelia*. 52: 65-76.
- Bhaud, M. y Fernández-Álamo, M.A. (2001) First description of the larvae of *Idanthysus* (Sabellariidae, Polychaeta) from the Gulf of California and Bahía de Banderas, México. *Bulletin of Marine Science*. 68: 221-232.
- Blake, J.A. (1994) Introduction to the Polychaeta. En: Blake, J.A. y Hilbig, B. (Eds.) *Taxonomic atlas of the benthic fauna of the Santa Maria Basin and the Western Santa Barbara Channel. The Annelida Part I. Vol. 4*. Santa Barbara Museum of Natural History, California. 39-68 pp.
- Böttgermann, M. (2002) Revision of the Glyceridae Grube, 1850 (Annelida, Polychaeta). *Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft*. 555: 1-249.
- Böttgermann, M. (2005) Revision of the Goniadidae (Annelida, Polychaeta). *Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg (Neue Folge)*. 39: 1-354.
- Bray, N.A. (1988) Thermohaline circulation in the Gulf of California. *Journal of Geophysical Research*. 93: 4993-5020.
- Bray, J.R. y Curtis, J.T. (1957) An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*. 27: 325-349.
- Brusca, R.C. (1980) *Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California*. Second edition. University of Arizona Press, Tucson, AZ. 513 pp.
- Butman, B. (1987) Physical processes causing surficial-sediment movement. En: Bank, G. (Ed.). R.H. Backus and D. W. Bourne, The MIT Press, Cambridge, Mass. 147-162 pp.

- Byrne, J.V. y Emery, K.O. (1960) Sediments of the Gulf of California. *Geological Society of America Bulletin*. 71: 983-1010.
- Cano, F.A. (1991a) Golfo de California, Oceanografía Física. *En: de la Lanza, G. (Ed.) Oceanografía de mares mexicanos*. AGT Editor. 453-514 pp.
- Cano, F.A. (1991b) Golfo de California, Oceanografía Química. *En: de la Lanza, G. (Ed.) Oceanografía de mares mexicanos*. AGT Editor. 515-563 pp.
- Cañete, J.I. (1999) Papel de los poliquetos (Annelida) en estudios de impacto ambiental en el mar. *Revista Austro Universitaria, Punta Arenas, Chile*. 11: 36-38.
- Carranza-Edwards, A., Gutiérrez-Estrada, M. y Rodríguez-Torres, R. (1975) Unidades morfo-tectónicas continentales de las costas Mexicanas. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México*. 2(1): 81-88.
- Case, T.J. y Cody, M.L. (1983) *Island biogeography in the Sea of Cortez*. University of California Press, Berkeley. 508 pp.
- Clarke, K.R. (1993) Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*. 18: 117-143.
- Clarke, K.R. y Ainsworth, M. (1993) A method of linking multivariate community structure to environmental variables. *Marine Ecology Progress Series*. 92: 205-219.
- Clarke, K.R. y Gorley, R.N. (2006) PRIMER v6: user manual/tutorial. PRIMER-E, Plymouth.
- Clarke, R.B. y Haderlie, E.C. (1962) The distribution of *Nephtys californiensis* and *N. caecoides* on the California coast. *Journal of Animal Ecology*. 31: 339-257.
- Clarke, K.R. y Warwick, R.M. (2001) A further biodiversity index applicable to species lists: variation in taxonomic distinctness. *Marine Ecology Progress Series*. 216: 265-278.
- Clarke, K.R., Somerfield, P.J. y Gorley, R.N. (2008) Testing of null hypotheses in exploratory community analyses: similarity profiles and biota-environment linkage. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 366: 56-69.
- Cole, L.C. (1949) The measurement of interspecific association. *Ecology*. 30: 422-424.
- Colgan, D.J., Hutchings, P.A. y Braune, M. (2006) A multigene framework for polychaete phylogenetic studies. *Organisms Diversity and Evolution*. 6: 220-235.
- Cornfield, J. y Tukey, J.W. (1956) Average values of mean squares in factorials. *The Annals of Mathematical Statistics*. 27: 907-949.
- Cuvier, G. (1812) Sur un nouveau rapprochement à établir entre les classes qui composent le Règne Animal. *Annales du Muséum National d'Histoire Naturelle*. 19: 73-84.
- Cuvier, G. (1816). *Le Règne Animal distribué d'après son organisation, pour servir de base à l'histoire naturelle des animaux et d'introduction à l'anatomie comparée. Les Reptiles, les Poissons, les Mollusques et les Annélides, Vol. 2*. Deterville, Paris. 532 pp.
- Dales, R.P. (1962) The polychaete stomatodeum and the interrelationship of the families of the Polychaeta. *Proceedings of the Zoological Society of London*. 139: 389-428.
- Dales, R.P. (1963) *Annelids*. Hutchinson University Library. London. 200 pp.
- Dales, R.P. (1977) The Polychaete Stomodeum and Phylogeny. *En: Reish, D.J. y Fauchald, K. (Eds.) Essays on Polychaetous Annelids in Memory of Dr. Olga Hartman*. Allan Hancock Press. Los Ángeles. 525-546 pp.
- Ban, S.M. y Nelson, W.G. (1987) Role of *Diopatra cuprea* Bosc (Polychaeta: Onuphidae) tubes in structuring a subtropical infaunal community. *Bulletin of Marine Science*. 40(1): 11-21.
- Dauvin, J.C., Gómez, J.L. y Salvande, M. (2003) Taxonomic sufficiency: an overview of its use in the monitoring of sublittoral benthic communities after oil spills. *Marine Pollution Bulletin*. 46: 552-555.

- Dawson-Shepherd, A., Warwick, R.M., Clarke, K.R. y Brown, B.E. (1992) An analysis of fish community responses to coral mining in the Maldives. *Environmental Biology of Fishes*. 33: 367-380.
- Dean, K.D. (2008) The use of polychaetes (Annelida) as indicator species of marine pollution: a review. *Revista de Biología Tropical*. 56 (4): 11-38.
- de la Cruz, G. (1994) *ANACOM: Sistema para el análisis de comunidades, Versión 3.0*. Departamento de Recursos del Mar CINVESTAV-IPN Unidad Mérida, México. 99 pp.
- de León-González, J.A. y Solís-Weiss (2000) A review of the polychaetes family Nereididae from western Mexico. *Bulletin of Marine Science*. 67(1): 1-20.
- de León González, J.A., Bastida-Zavala, J.R., Carrera-Parra, L.F., García-Garza, M.E., Peña-Rivera, A., Salazar-Vallejo, S.I. y Solís-Weiss, V. (2009) *Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México y América Tropical*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. 737 pp.
- de Jonge, V.N. (2000) Importance of temporal and spatial scales in applying biological and physical process knowledge in coastal management, an example for the Ems estuary. *Continental Shelf Research*. 20: 1655-1686.
- de Quatrefages, A. (1866) *Histoire naturelle des Annelés marins et d'eau douce*. Librairie Encyclopédique de Roret. Paris. 588 pp.
- Díaz-Castañeda, V. y San Martín, G. (2001) Syllidae (Polychaeta) from San Quintín lagoon, Baja California, México, with the description of a new genus. *Proceedings of the Biological Society of Washington*. 114(3): 708-719.
- Domínguez, N., Hernández, P., Solís-Weiss, V. y Granados, A. (2012) Distribution of polychaete feeding guilds in sedimentary environments of the Campeche Bank, Southern Gulf of Mexico. *Helgoland Marine Research*. 66: 469-478.
- Douglas, M.W., Maddox, R.A., Howard, K. y Reyes, S. (1993) The Mexican monsoon. *Journal of climate*. 6 : 1665-1677.
- Ehlers, E. (1864) *Die Borstenwürmer (Annelida Chaetopoda) nach systematischen und anatomischen Untersuchungen dargestellt Vol. I*. Wilhelm Engelmann. Leipzig. 268 pp.
- Ellis, D. (1985) Taxonomic resolution in pollution assessment. *Marine Pollution Bulletin*. 16(12): 459.
- Enríquez-Ocaña, L.F. (1999) Estudio de la variación temporal y espacial de los poliquetos (Annelida: Polychaeta) de la Bahía de Las Guásimas, Sonora. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de México, México. 82 pp.
- Fauchald, K. (1970) Polychaetous annelids of the families Eunicidae, Lumbrineridae, Iphitimidae, Arabellidae, Lysaretidae and Dorvilleidae from western Mexico. *Allan Hancock Foundation, University of Southern California*. 5: 1-237.
- Fauchald, K. (1977) *The Polychaete worms. Definitions and keys to the Orders, families and Genera. Science Series*. Natural History Museum of Los Angeles County. 28: 1-188.
- Fauchald, K. & Jumars, P. (1979) The diet of worms: A study of polychaete feeding guilds. *Oceanography and Marine Biology: An annual review*. 17: 193-284.
- Fernández-Álamo, M.A. (1991) Holoplanktonic polychaetes from the Gulf of California: August-September 1977. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Report*. 32: 97-104.
- Ferrando, A. y Méndez, N. (2011a) Checklist of soft-bottom polychaetes (Annelida: Polychaeta) of the coastal lagoon Estero de Urías (Sinaloa, Mexico). *Marine Biodiversity Records. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 3: 1-6.
- Ferrando, A. y Méndez, N. (2011b) Effects of organic pollution in the distribution of annelid communities in the Estero de Urías coastal lagoon, Mexico. *Scientia Marina*. 75(2): 351-358.
- Ferraro, S.P. y Cole, F.A. (1995) taxonomic level sufficient for assessing pollution impacts on the Southern California Bight macrobenthos-revisited. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 14: 1031-1040.

- García, E., y Mosiño, P.A. (1968) *Los Climas de Baja California*. Comité Nacional Mexicano para el Decenio Hidrológico Internacional. Memoria 1966-1967. Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México. 29-57 pp.
- García-Pámanes, J., Trasviña-Castro, A., Lara-Lara, J.R. y Bazán-Guzmán, C. (2011) Variaciones estacionales del flujo vertical de materia orgánica particulada en la región central del Golfo de California. *Ciencias Marinas*. 37(1): 33-49.
- Garmendia, J.M. y Mora, J. (2007) Los diversos grupos faunísticos, ¿son representativos de la comunidad macrobentónica en arenas submareales? *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*. 23(1-4): 45-55.
- Garmendia, J.M., Parada, J.M., Murillo, J. y Mora, J. (2005) Profundización mínima necesaria para la evaluación de impactos de cultivos marinos sobre la fauna bentónica. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*. 21(1-4): 19-28.
- Gaston, G.R. (1987) Benthic polychaeta of the Middle Atlantic Bight: feeding and distribution. *Marine Ecology Progress Series*. 36:251-162.
- Giangrande, A., Licciano, M. y Musco, L. (2005) Polychaetes as environmental indicators revisited. *Marine Pollution Bulletin*. 50: 1153-1162.
- Gilbert, M. (1984) Glyceridae. *En*: Uebelacker, J.M., Jonhson, P.G. y Vittor, B. (Eds.). Taxonomic guide to the polychaetes of the northern Gulf of Mexico. Final Report to the Mineral Management Service, contract 14-12-001-29091. Barry A. Vittor & Associates, Inc., Mobile, Alabama. 5: 32-1/26.
- Glasby, C.J., P.A. Hutchings, K. Fauchald, H. Paxton, G.W. Rouse, C.W. Russell y R.S. Wilson. 2000. Class Polychaeta. *En*: Beesley, P.L., G.J.B. Ross y C.J. Glasby (eds.) *Polychaetes and Allies: The southern synthesis. Fauna of Australia Vol. 4A*. CSIRO Publishing, Melbourne. 296 pp.
- Góngora-Garza, G. y de León-González, J.A. (1993) Dos nuevos sílidos (Polychaeta: Syllidae) y nuevos registros para México, con una clave a las especies de sílidos del Pacífico Mexicano. *Cahiers de Biologie Marine*. 34: 17-28.
- González-Farías, F. (1985) Importancia ecológica de la materia orgánica y su biodegradación en el estero El Verde, Sinaloa, México. Tesis Doctoral UACPyP-CCH, Universidad Nacional Autónoma de México. 171 pp.
- González-Farías, F., Hernández-Garza, M. y Flores-Verdugo, F. (1986) Variación estacional de la materia orgánica y su biodegradación en la laguna de Agua Brava, Nayarit, México. *En*: Flores-Verdugo, F.J. (Ed.). *Ecología de los manglares y perfil de comunidades en los sistemas lagunares de Agua Brava y Marismas Nacionales, Nayarit*. Informe Técnico, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. 350 pp.
- González-Ortiz, L., Hernández-Alcántara, P. y Solís-Weiss, V. (1997) Onuphidae of California and the Gulf of Tehuantepec, Mexican Pacific. *Bulletin of Marine Science*. 60: 389-395.
- Grassle, J.F. y Maciolek, N.J. (1992) Deep-sea species richness; regional and local diversity estimates from quantitative bottom-samples. *The American Naturalist*. 139: 313-341.
- Gray, J.S. (1981) *The ecology of marine sediments*. Cambridge University Press, Londres. 185 pp.
- Gray, J.S. (2000) The measurement of marine species diversity, with an application to the benthic fauna of the Norwegian continental shelf. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 250: 23-49.
- Gray, J.S., Clarke, K.R., Warwick, R.M. y Hobbs, G. (1990) Detection of initial effects of pollution on marine benthos: an example from the Ekofisk and Eldfisk oilfields, North Sea. *Marine Ecology Progress Series*. 66: 285-299.
- Green, C.R. (1968) Meteorological conditions. *En*: Probable environmental impact of heated brine effluents from a nuclear desalination plant on the northern Gulf of California. Marine Science Commission. The University of Arizona. 7-13.

- Grube, A.E. (1850) Die Familien der Anneliden. *Archiv für Naturgeschichte*. 16: 249–364.
- Guzmán-Alvis, A.I., Lattig, P. y Ruiz, J.A. (2006) Spatial and temporal characterization of soft bottom polychaetes in a shallow tropical bay (Colombian Caribbean). *Boletín de Investigaciones Marinas y Costera*. 35: 19-36.
- Hall, S.F. (1994) Physical disturbance and marine benthic communities: life in unconsolidated sediments. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*. 32: 179-239.
- Hartmann-Schröder, G. (1971) Annelida, Borstenwürmer, Polychaeta. *Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile nach ihrer Lebensweise*. 58: 1-594.
- Hausen, H. (2005) Chaetae and chaetogenesis in polychaetes (Annelida). *Hydrobiologia*. 535-536: 37-52.
- Hendrickx, M.E., y Brusca, R.C. (2003) Biodiversidad de los invertebrados marinos de Sinaloa. *En: Cifuentes-Lemus, J.L., Gaxiola-López, J. (Eds.). Atlas de Sinaloa, vol. XX. Colegio de Ciencias de Sinaloa, Mexico*. pp. 141–163.
- Hendrickx, M.E., Brusca, R.C. y Ramírez-Reséndiz, G. (2002) Biodiversity of macrocrustaceans in the Gulf of California, Mexico. *En: Hendrickx, M.E. (Ed.). Contributions to the Study of East Pacific Crustaceans*. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México. pp. 349-367.
- Hendrickx, M.E., Brusca, R.C. y Findley, L.T. (2005) *A Distributional Checklist of the Macrofauna of the Gulf of California, Mexico. Part I Invertebrates*. Arizona-Sonora Desert Museum and Conservation International. 429 pp.
- Herman, P.M.J., Middelburg, J.J., van de Koppel, J. y Heip, C.H.R. (1999) Ecology of estuarine macrobenthos. *Advances in Ecological Research*. 29: 195-240.
- Hernández-Alcántara, P. (1985) *Variación anual de la macrofauna béntica asociada al mangle rojo (Rhizophora mangle), en la Laguna de Términos, Campeche, México*. Tesis Profesional, E.N.E.P. Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. 105 pp.
- Hernández-Alcántara, P. (1992) *Los poliquetos (Annelida: Polychaeta) de la plataforma continental del Golfo de California, México. Taxonomía, abundancia numérica y distribución geográfica*. Tesis de Maestría, UACPyP-CCH, ICMYL, Universidad Nacional Autónoma de México. 427 pp.
- Hernández-Alcántara, P. (2002) *Composición y estructura de las comunidades de poliquetos (Annelida: Polychaeta) bénticos de la plataforma continental del Golfo de California*. Tesis Doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias, México. pp 196.
- Hernández-Alcántara, P. y Solís-Weiss, V. (1991) New records of errantiate polychaetous annelids from the Gulf of California. *Bulletin of Marine Science*. 48: 251-260.
- Hernández-Alcántara, P. y Solís-Weiss, V. (1993) New records of sedentariate polychaetous annelids from the continental shelf of the Gulf of California. *Bulletin of Marine Science*. 53(3): 1027-1041.
- Hernández-Alcántara, P. y Solís-Weiss, V (1998a) Capitellids (Polychaeta: Capitellidae) from the continental shelf of the Gulf of California, México, with the description of a new species *Notomastus angelicae*. *Proceedings of the Biological Society of Washington*. 111(3): 708-719.
- Hernández-Alcántara, P. y Solís-Weiss, V (1998b) Parasitism among polychaetes: a rare case illustrated by a new species: *Labrorostratus zaragozensis* n.sp. (Oeonidae) found in the Gulf of California, México. *Journal of Parasitology*. 84(5): 978-982.
- Hernández-Alcántara, P. y Solís-Weiss, V. (1999) Systematic and distribution of the polychaetes (Annelida: Polychaeta) from the sublittoral zone in the Gulf of California. *Oceánides*. 13(2), 14(1): 25-38.
- Hernández-Alcántara, P. y 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. y Solís-Weiss, V. (2011) Distribution of the Polychaete assemblages on the continental shelf on the Northern Gulf of California, Eastern Pacific. *Italian Journal of Zoology*. Doi: 10.1080/11250003.580660.
- Hernández-Alcántara, P. y Solís-Weiss, V. (2013) Biodiversity and distribution of the Scolecida (Annelida: Polychaeta) on the continental shelf of the Gulf of California, Mexican Pacific. *Cahiers de Biologie Marine*. 54: 49-61.
- Hernández-Alcántara, P., González-Ortiz, L. y 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., Frontana-Uribe, S. y Solís-Weiss, V. (2003) Commented checklist of the polychaetes (Annelida: Polychaeta) from areas adjacent to islands of the Mexican Pacific and Gulf of California. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences*. 102(1): 1-16.
- Hernández-Alcántara, P., Pérez-Mendoza, A.Y. y Solís-Weiss, V. (2006) Description of three new species of *Ninoe* and *Cenogenus* (Polychaeta: Lumbrineridae) from the Mexican Pacific. *Scientia Marina*. 70S3:81-90.
- Hernández-Alcántara, P., Tovar-Hernández, M.A. y 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.
- Hilbig, B. (1994) Family Nephtyidae Grube, 1850. En: Blake, J.A. y Hilbig, B. (Eds.) *Taxonomic Atlas of the benthic fauna of the Santa Maria Basin and western Santa Barbara Channel Vol. IV*. Santa Barbara Museum of Natural History. Los Angeles. 329-362 pp.
- Hutchings, P.A. (1998) Biodiversity and functioning of polychaetes in benthic sediments. *Biodiversity and Conservation*. 7: 1133-1145.
- Hutchings, P.A. (2000) Family Aphroditidae. En: Beesley, P.L., Ross, G.J.B. y Glasby, C.J. (Eds.) *Polychaetes and Allies; The Southern Synthesis. Fauna of Australia, Vol. 4A Polychaeta, Myzostomida, Pogonophora, Echiura, Sipuncula*. CSIRO Publishing, Melbourne. 117-121 pp.
- Hutchings, P.A. y Glasby, C.J. (1986) *Glossothelepous*: a new genus of Thelepininae (Polychaeta: Terebellidae) from the Gulf of California. *Proceedings of the Biological Society of Washington*. 99: 84-87.
- Kingston, P.F. y Riddell, M.J. (1989) Cost effectiveness of benthic faunal monitoring. *Marine Pollution Bulletin*. 20: 490-496.
- Krebs, C.J. (2000) Hypothesis testing ecology. En: Boitani, L. y Fuller, T.K. (Eds.). *Research Techniques in Animal Ecology*. Columbia University Press, Nueva York. 1-14 pp.
- Kruskal, W.H. y Wallis, W.A. (1952) Use of ranks one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*. 47: 583-621.
- Kudenov, J.D. (1973) Annelida (Polychaetes). En: Brusca, R.C. (Ed.) *A handbook to the common intertidal invertebrates of the Gulf of California*. University of Arizona Press, Tucson. 76-131 pp.
- Kudenov, J.D. (1975a) Errant polychaetes from the Gulf of California. *Journal of Natural History*. 9: 205-231.
- Kudenov, J.D. (1975b) Sedentary polychaetes from the Gulf of California. *Journal of Natural History*. 9: 205-231.
- Kudenov, J.D. (1975c) Two new species of errant polychaetes from the Gulf of California. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences*. 74(2): 75-78.
- Kudenov, J.D. (1979) New species and records of Polychaetous Annelids from the *Tetraclita* (Cirripedia: Crustacea) zone of the northern Gulf of California. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences*. 78(2): 116-121.

- Kvist, S. y Siddall, M.E. (2013) Phylogenomics of Annelida revisited: a cladistics approach using genome-wide expressed sequence tag data missing and examining the effects of missing data. *Cladistics*. 2013: 1-14.
- Lamarck, J.B.P.A. (1818) *Histoire Naturelle des animaux sans vertèbres, présentant les caractères généraux et particuliers de ces animaux, leur distribution, leurs classes, leur familles, leur genres, et la citation synonymique des principales espèces qui s'y rapportent; precedes d'une Introduction offrant la détermination des caractères essentiels de l'Animal, sa distinction du végétal et des autres corps naturelles, enfin l'Exposition des Principes fondamentaux de la Zoologie*. Deterville, Paris, 612 pp.
- Lange, C.B., Treppke, U.F. y Fisher, G. (1994) Seasonal diatom fluxes in the Guinea Basin and their relationships to trade winds, hydrography and upwelling events. *Deep-Sea Research I*. 41(5/6) : 859-878.
- Lara-Lara, J.R., Arenas, V., Bazán, C., Díaz, V., Escobar, E., García, M.C., Gaxiola, G., Robles, G., Sosa, R., Soto, L.A., Tapia, M. y Valdez-Holguín, E. (2008) Los ecosistemas marinos *En: Capital natural de México, Vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México. 135-159 pp.
- Lavín, M.F. y Osganista, S. (1988) Surface heat flux in the Northern Gulf of California. *Journal of Geophysical Research*. 93: 14033-14038.
- Lavín, M.F., Beier, E. y Badan, A. (1997) Estructura hidrográfica y circulación del Golfo de California: escalas estacional e interanual. *En: Lavín, M.F. (Ed.). Contribuciones a la oceanografía física en México*. Unión Geofísica Mexicana, Monografía No. 3. 141-171 pp.
- Lepley, L.K., Vonder Haar, S.P., Hendrickson, J.R. y Calderón-Riverol, G. (1975) Circulation in the northern Gulf of California from orbital photographs and ship investigations. *Ciencias Marinas*. 1(2): 86-93.
- Levin, L.A. y Gage, J.D. (1998) Relationships between oxygen, organic matter and the diversity of bathyal macrofauna. *Deep-Sea Research*. 45: 129-163.
- Levinton, J. (1972) Stability and trophic structure in deposit-feeding and suspension-feeding communities. *The American Naturalist*. 106: 472-486.
- Lezcano-Bustamante, B.G. (1989) *Estudio prospectivo de la distribución, diversidad y abundancia de las poblaciones de anélidos poliquetos en la porción sur del Golfo de California*. Tesis Profesional, UNAM, Mexico D.F., Mexico. 98 pp.
- Light, W.J. (1970) A new spionid (Annelida: Polychaeta) from the Gulf of California. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences*. 69(2): 74-79.
- Lluch-Cota, S.E. (2000) Coastal upwelling in the eastern Gulf of California. *Oceanologica Acta*. 23(6): 731-740.
- Lluch-Cota, S.E., Aragón-Noriega, E.A., Arreguín-Sánchez, F., Auriol-Gamboa, D., Bautista-Romero, J.J., Brusca, R.C., Cervantes-Duarte, R., Cortés-Altamirano, R., Del Monte-Luna, P., Esquivel-Herrera, A., Fernández, G., Hendrickx, M.E., Hernández-Vázquez, S., Herrera-Hernández, H., Kahru, M., Lavín, M., Lluch-Belda, D., Lluch-Cota, D.B., López-Martínez, J., Marinone, S.G., Nevárez-Martínez, M.O., Ortega-García, S., Palacios-Castro, E., Parés-Sierra, A., Ponce-Díaz, G., Ramírez-Rodríguez, M., Salinas-Zavala, C.A., Schwartzlose, R.A. y Sierra-Beltrán, A.P. (2007) The Gulf of California: Review of ecosystem status and sustainability challenges. *Progress in Oceanography*. 73: 1-26.
- Magni, P., de Falco, G., Como, S., Casu, D., Floris, A., Petrov, A.N., Castelli, A. y Perilli, A. (2008) Distribution and ecological relevance of fine sediments in organic-enriched lagoons: The case study of the Cabras lagoon (Sardinia, Italy). *Marine Pollution Bulletin*. 56(3): 549-564.



- Mancinelli, G., Fazi, S. y Rossi, L. (1998) Sediment structural properties mediating dominant feeding types patterns in soft bottom macrobenthos of the Northern Adriatic Sea. *Hydrobiologia*. 367: 211-222.
- Marinone, S.G. (2003) A three dimensional model of the mean and seasonal circulation of the Gulf of California. *Journal of Geophysical Research*. 108(C10), 3325, 10.1029/2002JC001720.
- Marinone, S.G. y Lavín, M.F. (2003) Residual flow and mixing in the large islands regions of the central Gulf of California. En: Velasco, O.U., Sheinbaum, J. y Ochoa, J.L. (Eds.). *Nonlinear Processes in Geophysical Fluid Dynamics*. Kluwer Academic Publishers, Amsterdam. 213-236 pp.
- Martin, D.F. (1968) Marine Chemistry: Analytical Methods Vol. 1. marcel Dekker Inc., Nueva York. 280 pp.
- Martínez-Sepúlveda, M. (1994) Descripción de la profundidad de la capa mezclada superficial en el Golfo de California. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California.
- Martos, P. y Piccolo, M.C. (1988) Hydrography of the Argentine continental shelf between 38° and 48° S. *Continental Shelf Research*. 8(9): 1043-1056.
- McHug, D. (2005) Molecular systematics of polychaetes (Annelida). *Hydrobiologia*. 535/536: 308-318.
- Meadows, P. y Campbell, J. (1978) *Introducción a la ciencia del mar*. Acribia, Zaragoza. 207 pp.
- Méndez-Ubach, N. (1997) Polychaetes inhabiting soft bottoms subjected to organic enrichment in the Topolobampo lagoon complex, Sinaloa, México. *Océánides*. 12(2): 79-88.
- Méndez, N. (2006) Deep water polychaetes (Annelida) from the southeastern Gulf of California, Mexico. *Revista de Biología Tropical*. 54(3): 773-785.
- Méndez, N. (2007) Relationship between deep-water polychaete fauna and environmental factors in the southeastern Gulf of California, Mexico. *Scientia Marina*. 71(3): 605-622.
- Méndez (en prensa) Poliquetos (Annelida, Polychaeta) del talud continental suroriental del Golfo de California y su relación con algunas variables ambientales. En: Zamorano, P., M.E. Hendrickx y M. Caso (Eds.) *Biodiversidad y comunidades del talud continental del Pacífico mexicano*. INE-SEMARNAT. Capítulo 5.
- Méndez, N. (2009) Distribution and extraordinary abundance of the deep-sea *Melinnampharete gracilis* Hartman, 1969 (Polychaeta: Ampharetidae) in the Gulf of California, Mexico. *Cahiers de Biologie Marine*. 50(3): 273-276.
- Méndez, N. y Hendrickx, M.E. (en prensa) Recolección y cuantificación de macrofauna de mar profundo: el caso de estudio del poliqueto *Melinnampharete gracilis* Hartman, 1969 (Ampharetidae). En: Zamorano, P., Hendrickx, M.E. y Caso, M. (Eds.). *Biodiversidad y comunidades del talud continental del Pacífico mexicano*. INE-SEMARNAT. Capítulo 6.
- Minelli, A. (1993) *Biological Systematics: the state of art*. London: Chapman y Hall. 387 pp.
- Nix, R. (2010) The Gulf of California: A Physical, Geological and Biological Study. University of Texas.
- Nichols, M.N. (1966) A study of production and phosphate in a Sonoran lagoon. *University of Texas, Institute of Marine Sciences*. 2: 159-167.
- Olsgard, F. (1993) Do toxic algal blooms affect subtidal softbottom communities? *Marine Ecology Progress Series*. 102: 269-286.
- Olsgard, F. y Gray, J. (1995) A comprehensive analysis of the effects of offshore oil and gas exploration and production on the benthic communities of the Norwegian continental shelf. *Marine Ecology Progress Series*. 122: 277-306.
- Olsgard, F. Somerfield, P.J. y Carr, M.R. (1997) Relationships between taxonomic resolution and data transformation in analyses of a macrobenthic community along an established pollution gradient. *Marine Ecology Progress Series*. 149: 173-181.

- Padilla-Galicia, E. y Solís-Weiss, V. (1992) Distribución y nuevos registros de anélidos poliquetos en la plataforma continental del Estado de Sinaloa, costa Pacífica de México. *Biogeography of Mesoamerica Proceedings of a Symposium, Mérida, Yucatán, México*. 249-264.
- Papageorgiou N., Arvanitidis C. y Eleftheriou A. (2006) Multicausal environmental severity: a flexible framework for microtidal sandy beaches and the role of polychaetes as an indicator taxon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 70: 643-653.
- Páres-Sierra, A., Mascarenhas, A., Marinone, S.G. y Castro, R. (2003) Temporal and spatial variation surface winds in the Gulf of California. *Geophysical Research Letters*. 20(6), 1312, doi: 10.1029/2002GL016716.
- Parker, R.H. (1964) Zoogeography and ecology of some macro-invertebrates, particularly mollusks, in the Gulf of California and the continental slope off Mexico. *Videnskabelige Meddelelser Dansk Naturhistorisk Forening*. 126: 1-178.
- Parsons, T.R., Takahashi, M. y Hargrave, B. (1995) *Biological Oceanographic processes*. Butterworth Heinemann Ltd. Oxford. 330 pp.
- Pattullo, J., Munk, W., Revelle, R. y Strong, E. (1995) The seasonal ascilation in sea level. *Journal of Marine Research*. 14: 88-155.
- Pearson, T.H. y Rosenberg, R. (1978) Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology*. 16: 229-311.
- Pérez-Torrijos, J., Hernández-Alcántara, P. y Solís-Weiss, V. (2008) Nephtyidae (Polychaeta) from the Gulf of California (Mexican Pacific) with the description of two new species of *Aglaophamus*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 89: 697-710.
- Pettibone, M.H. (1982) Annelida. En: Parker, S.P. (Ed.) *Synopsis and classification of living organisms*. McGraw-Hill. pp. 1-43.
- Pielou, E.C. (1976) *Population and community ecology*. Gordon & Breach, Chicago. 424 pp.
- Pla, L. (2006) Biodiversidad: inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*. 31(008): 583-590.
- Pocklington, P. y Wells, P.G. (1992) Polychaetes: key taxones for marine environmental quality monitoring. *Marine Pollution Bulletin*. 24: 593-598.
- Probert, P.K. (1984) Disturbance, sediment stability, and trophic structure of soft-bottom communities. *Journal of Marine Research*. 42: 893-921.
- Quintero-Cuevas, M. y Jaime-Enríquez, F. (1992) Procesamiento y comparación de la configuración de datos oceanográficos desde un punto de visto topográfico. Tesis profesional, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. 195 pp.
- Quinn, G.P. y Keough, M.J. (1993) Potential effect of enclosure size on field experiments with herbivorous intertidal gastropods. *Marine Ecology Progress Series*. 98: 199-201.
- Raymond, W.B., Huggins, D. y Kriz, J. (2005) A review of the issues related to taxonomic resolution in biological monitoring of aquatic ecosystem with an emphasis on macroinvertebrates. *Prepared in fulfillment of USEPA Grant X7-99790401*. Central Plains Center for BioAssessment, Kansas Biological Survey, Lawrence, KS.
- Ripa, R. (1997) Towards a physical explanation of the seasonal dynamics and thermodynamics of the Gulf of California. *Journal of Physical Oceanography*. 27: 597-614.
- Reish, D.J. (1968) A biological survey of Bahia de los Angeles, Gulf of California, Mexico, 2. Benthic polychaetous annelids. *Transactions of the San Diego Society of Natural History*. 15:67-106.
- Reish, D.J. (1998) The use of larvae and small species of polychaetes in marine toxicological testing. En: Wells, P.G., Lee, K. y Blaise., C. (Eds.). *Microscale Testing in Aquatic Toxicology*. CRC Press Inc, Boca Raton. pp 383-393.
- Reyes, H.C. y Lavín, M.F. (1997) Effects of the autumn-winter meteorology upon the surface heat loss in the Northern Gulf of California. *Atmósfera*. 10: 101-123.

- Rioja, E. (1941). Estudios anelidológicos, III. Datos para el conocimiento de la fauna de poliquetos de las costas mexicanas del Pacífico. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México*. 12:669-746.
- Rioja, E. (1942). Estudios anelidológicos IV. Observaciones sobre especies de serpúlidos de las costas del Pacífico de México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México*. 13:125-135.
- Rioja, E. (1947a) Estudios anelidológicos XVII. Contribución al conocimiento de los anélidos poliquetos de Baja California y Mar de Cortés. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México*. 18:197-224.
- Rioja, E. (1947b). Estudios anelidológicos, 18. Observaciones y datos sobre algunos anélidos poliquetos del Golfo de California y costas de Baja California. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México*. 18:517-526.
- Rioja, E. (1948a) Estudios anelidológicos, 17. Contribución al conocimiento de los anélidos poliquetos de Baja California y Mar de Cortés. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México*. 18:197-224.
- Rioja, E. (1948b) Estudios anelidológicos, 18. Observaciones y datos sobre algunos anélidos poliquetos del Golfo de California y costas de Baja California. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México*. 18:517- 126.
- Rioja, E. (1962) Estudios anelidológicos, 26. Contribución al conocimiento de los anélidos poliquetos de las costas del Pacífico de México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México*. 33:131-229.
- Robinson, M.K. (1973) Atlas of monthly mean sea surface and subsurface temperatures in the Gulf of California, México. *San Diego Society of Natural History Memoir* 5. 19 pp.
- Roden, G.I. (1958) Oceanographic and Meteorological Aspects of the Gulf of California. *Pacific Sciences*. 13: 21-45.
- Roden, G.I. (1964) Oceanographic aspects of the Gulf of California. *En: Van Andel, T.H. y Shor, G.G. (Eds.). Marine Geology in the Gulf of California. American Association of Petroleum Geologists Memoirs* 3.30-58 pp.
- Roden, G.I. y Groves, G.W. (1959) Recent oceanographic investigations in the Gulf of California. *Journal of Marine Research*. 18(1): 10-35.
- Roden, G.I. y Emilsson, I. (1980) Oceanografía física del Golfo de California. Centro de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 90: 67 pp.
- Rodríguez-Villanueva, L.V., Díaz-Castañeda, V.M. y Martínez-Lara, R.O. (2000) Structure and composition of the benthic polychaete families in Bahía de Todos Santos, Baja California, México. *Bulletin of Marine Science*. 67(1): 113-126.
- Ross, D.A. (1977) *Introduction to oceanography*. Prentice-Hall, Nueva Jersey. 438 pp.
- Round, F.E. (1967) The phytoplankton of the Gulf of California, Part 1. Composition, distribution and contribution to the sediments. *Journal of Experimental Biology and Ecology*. 1: 76-97.
- Rouse, G.W. y Fauchald, K. (1997) Cladistics and polychaetes. *Zoologica Scripta*. 26: 139-204.
- Rouse, G.W. y Pleijel, F. (2001) *Polychaetes*. Oxford University Press. Hong Kong. 354 pp.
- Salas-de León, D.A., Carbajal-Pérez, N., Monreal-Gómez, M.A. y Barrientos-McGregor, G. (2003) Residual circulation and tidal stress in the Gulf of California. *Journal of Geophysical Research*. 108(C10), 3317, doi:10.1029/2002JC001621, 2003.
- Salazar-Vallejo, S.I. (1991) Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de fondos blandos de Isla Rasa, Golfo de California. *Ciencias Marinas*. 16(4):75-95.
- Salazar-Vallejo, S.I. (1992) Revisión de algunos eucliménidos (Polychaeta: Maldanidae) del Golfo de California, Florida, Panamá y Estrecho de Magallanes. *Revista de Biología Tropical*. 39(2): 273-282.

- Salazar-Vallejo, S.I. (2003) Revision of *Synelmis* Chamberlin, 1919 (Annelida, Polychaeta, Pilargidae). *Zoosystema*. 25(1): 17-42.
- Salazar-Vallejo, S.I. y Stock, J.H. (1987) Apparent parasitism of *Sabella melanostigma* (Polychaeta) by *Ammothella spinifera* (Pycnogonida) from the Gulf of California. *Revista de Biología Tropical*. 35: 269-275.
- Salazar-Vallejo, S.I. y Londoño-Mesa (2004) Lista de especies y bibliografía de poliquetos (Polychaeta) del Pacífico Oriental Tropical. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica*. 75(1): 9-97.
- Salgado-Barragán, J., Méndez, N. y Toledano-Granados (2004) *Ficopomatus miamiensis* (Polychaeta: Serpulidae) and *Styela canopus* (Asciacea: Styelidae), non-native species in Estero de Urías, SE Gulf of California, Mexico. *Cahiers de Biologie Marine*. 45: 167-173.
- Sancetta, C. (1995) Diatoms in the Gulf of California: Seasonal flux patterns and the sediment record for the last 15,000 years. *Paleoceanography*. 10: 67-84.
- Sanders, H.L. (1958) Benthic studies in Buzzard Bay: animal-sediment relationships. *Limnology and Oceanography*. 3(3): 245-358.
- Sanders, H.L. (1960) Benthic studies in Buzzard Bay III: the structure of the soft-bottom community. *Limnology and Oceanography*. 5: 138-153.
- Santamaría-del-Ángel, E., Álvarez-Borrego, S. y Muller-Karger, F.E. (1994) Gulf of California biogeographic regions based on coastal zone color scanner imagery. *Journal of Geophysical Research*. 99: 7411-7421.
- San Martín, G. 2003. Annelida, Polychaeta II: Syllidae. In: M.A. Ramos, J. Alba, X. Bellés, J. Gosálbez, A. Guerra, E. Mcpherson, F. Martín, J. Serrano y J. Templado (eds.). *Fauna Ibérica*. Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid. 554 pp.
- Sartí-Martínez, A.L. y Solís-Weiss, V. (1988) Estudio prospectivo de la distribución, abundancia y diversidad de los poliquetos de la zona norte del Golfo de California. *Memorias del V Simposio de Biología Marina*. La Paz. 53-70.
- Schumacher, J.D., Kinder, T.H., Pashinski, D.J. y Charnell, R.L. (1979) A structural front over the continental shelf of the eastern Bering Sea. *Journal of Physical Oceanography*. 9: 79-87.
- Secieru, D. y Oaie, G. (2009) The relation between the grain size composition of the sediments from the NW Black Sea and their total organic carbón (TOC) content. *GEO-ECO MARINA*. 15: 5-11.
- Serrano, D. (2012) La zona del mínimo oxígeno en el Pacífico mexicano En: Zamorano, P., Hendrickx, M.E. y Caso, M. (Eds.) *Biodiversidad y comunidades del talud continental del Pacífico mexicano*. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 105-119.
- Siqueiros, D.A. (2005) Una paradoja sobre la uniformidad vs orden y estabilidad en la medida de la diversidad de especies según la teoría de la información. *Ludus vitalis*. 13(24): 83-92.
- Snelgrove, P. (1998) The biodiversity of macrofaunal organism in marine sediments. *Biodiversity and Conservation*. 7: 1123-1132.
- Snelgrove, P.V.R. y Butman, C.A. (1994) Animal-sediment relationships revisited: cause versus effect. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*. 32: 111-177.
- Snelgrove, P.V.H., Blackburn, T.H., Hutchings, P.A., Alongi, D.M., Grassle, J.F., Hummel, H., King, G., Koike, L. Dumshead, P.J.D., Ramsing, N.B. y Solís-Weiss, V. (1997) The importance of Marine Sediment Biodiversity in Ecosystem Processes. *Ambio*. 26(8): 578-583.
- Somerfield, P.J. y Clarke, K.R. (1995) Taxonomic levels in marine communities studies, revisited. *Marine Ecology Progress Series*. 127: 113-119.
- Soto-Mardones, L., Marinone, S.G. y Parés-Sierra, A. (1999) variabilidad espacio temporal de la temperatura superficial del mar en el Golfo de California. *Ciencias Marinas*. 25: 1-30.

- Strickland, J.D.H. y Parsons, T.R. (1977) A practical handbook of seawater analysis, Second edition. *Fisheries Research Board of Canada Bulletin*. 167: 310.
- Struck, T.H., Schult, N., Kusen, T., Hickman, E., Bleidorn, C., McHugh, D. y Halanych, K.M. (2007) Annelid phylogeny and the status of Sipuncula and Echiura. *BMC Evolutionary Biology*. 7(57): 1-11.
- Sverdrup, H.U. (1941) The Gulf of California: preliminary discussion on the cruise of the E.W. Scripps in February and March 1939. *6<sup>th</sup> Pacific Scientific Conference Proceedings*. 3: 161-166.
- Thomson, R.W. (1968) Tidal currents and general circulation. *En: Probable environmental impact of heated brine effluents from a nuclear desalination plant on the northern Gulf of California*. Marine Science Commission. The University of Arizona. 151-155 pp.
- Thunell, R.C., Pride, C., Tappa, E. y Muller-Karger, F. (1993) Varve formation in the Gulf of California: insights from time series sediment trap sampling and remote sensing. *Quaternary Science Reviews Journal*. 12: 451-464.
- Thunell, R.C., Pride, C., Tappa, E. y Muller-Karger, F. (1994) Biogenic silica fluxes and accumulation rates in the Gulf of California. *Geology*. 22: 303-306.
- Thurman, H.V. y Trujillo, A.P. (2004) *Introductory Oceanography*. Pearson Prentice Hall. 608 pp.
- Tovar-Hernández, M.A., Méndez, N. y Salgado-Barragán, J. (2009a) *Branchioma bairdi*: a Caribbean hermaphrodite fan worm in the south-eastern Gulf of California (Polychaeta: Sabellidae). *Marine Biodiversity Records*. 2: 1-8.
- Tovar-Hernández, M.A., Méndez, N. y Villalobos-Guerrero, T.F. (2009b) Fouling polychaete worms from the southern Gulf of California: Sabellidae and Serpulidae. *Systematics and Biodiversity*. 7(3): 319-336.
- Tovar-Hernández, M.A., Yañez-Rivera, B., Méndez, N. y Rendón, S. (2010) Poliquetos y especies introducidas en México. *Biodiversitas*. 92:1-5.
- Tovilla, C. (1991) Golfo de California, Oceanografía Geológica. *En: de la Lanza, G. (Ed.) Oceanografía de mares mexicanos*. AGT Editor. pp 403-451.
- Treadwell, A.L. (1937) The Templeton Crocker Expedition, 8. Polychaetous annelids from the west coast of Lower California, the Gulf of California and Clarion Island. *Zoologica*. 22:139-160.
- Valdez-Holguín, J.E., Alvarez-Borrego S. y Trees C.C. (1999) Seasonal and spatial characterization of the Gulf of California phytoplankton photosynthesis parameters. *Ciencias Marinas*. 25: 445-467.
- Van Andel, T.H. (1964) Recent marine sediments of the Gulf of California. *En: van Andel, T.J. y Shor, G.G. (Eds.) Marine geology of the Gulf of California: A symposium*. American Association of Petroleum Geologists Memoirs. 3: 216-310.
- Vanderklift, M.A., Ward, T.J. y Jacoby, C.A. (1996) Effect of reducing taxonomic resolution on ordinations to detect pollution-induced gradients in macrobenthic infaunal assemblages. *Marine Ecology Progress Series*. 136: 137-145.
- Walkley, A. y Black, I.A. (1934) An examination of the Degthareff method for determining soil organic matter and a proposed modifications of the chromic acid titration method. *Soil Science*. 27: 29-38.
- Warwick, R.M. (1984) The benthic ecology of the Bristol Channel. *Marine Pollution Buletin*. 15: 70-76,
- Warwick, R.M. (1993) Environmental impact studies on marine communities: pragmatcal considérations. *Australian Journal of Ecology*. 18: 63-80.
- Warwick, R.M. (1998a) Analysis of community attributes of the macrobenthos of Frierfjord/Langesundfkord at taxonomic levels higher than species. *Marine Ecology Progress Series*. 46: 167-170.

- Warwick, R.M. (1998b) Effects on community structure of a pollutant gradient-summary. *Marine Ecology Progress Series*. 46: 207-211.
- Warwick, R.M. (1998c) The level of taxonomic discrimination required to detect pollution effects on marine benthic communities. *Marine Pollution Bulletin*. 19: 259-268.
- Warwick, R.M. y Uncles, R.J. (1980) Distribution of Benthic Macrofauna Associations in the Bristol Channel in Relation to Tidal Stress. *Marine Ecology Progress Series*. 3: 97-103.
- Warwick, R.M. y Clarke, K.R. (1991) A comparison of some methods for analysing changes in benthic community structure. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 71: 225-244.
- Warwick, R.M. y Clarke, K.R. (1995) New biodiversity measures reveal a decrease in taxonomic distinctness with increasing stress. *Marine Ecology Progress Series*. 129: 301-305.
- Watson, C. (2000) Family Chrysopetalidae. En: Beesley, P.L., Ross, G.J.B. y Glasby, C.J. (Eds.) *Polychaetes and Allies; The Southern Synthesis. Fauna of Australia, Vol. 4A Polychaeta, Myzostomida, Pogonophora, Echiura, Sipuncula*. CSIRO Publishing, Melbourne. 121-125 pp.
- Williams, S.J. (1987) Taxonomic notes on some Ampharetidae (Polychaeta) from southern California. *Bulletin of the Biological Society of Washington*. 7: 251-258.
- Wolf, P.S. (1984) Family Pisionidae. En: Uebelacker, J.M. y Johnson, P.G. (Eds.) Taxonomic Guide to the Polychaetes of the Northern Gulf of Mexico. 7: 59.1-59.4.
- Ysebaert, T. y Herman, P.M.J. (2002) Spatial and temporal variation in benthic macrofauna and relationships with environmental variables in an estuarine, intertidal soft-sediment environment. *Marine Ecology Progress*. 244: 105-124.

## ANEXOS

### ANEXO I

#### LISTADO FAUNÍSTICO DE LA TEMPORADA INVIERNO-PRIMAVERA

##### Polychaeta

##### Palpata

##### Aciculata

##### Phyllodocida

##### Familia Acoetidae

*Acoetes pacifica* (Treadwell, 1914)

*Euarche tubifex* Ehlers, 1887

*Polyodontes frons* Hartman, 1939

*Polyodontes panamensis* (Chamberlin, 1919)

##### Familia Eulepethidae

*Grubeulepis mexicana* (Berkeley y Berkeley, 1939)

##### Familia Polynoidae

*Hemilepidia erythrotaenia* Schmarda, 1861

*Hesperonoe laevis* Hartman, 1961

*Harmothoe extenuata* (Grube, 1840)

*Lepidasthenia interrupta* (Marenzeller, 1902)

*Lepidonopsis humilis* (Augener, 1922)

*Malmgreniella baschi* Pettibone, 1993

*Malmgreniella macginitiei* Pettibone, 1993

##### Familia Sigalionidae

*Pelogenia fimbriata* (Hartman, 1939)

*Sthenelais helenae* Kinberg, 1855

*Sthenelais verruculosa* Johnson, 1897

*Sthenelanella uniformis* Moore, 1910

*Sthenolepis fimbriarum* (Hartman, 1939)

*Thalenessa lewisii* Berkeley y Berkeley, 1939

##### Familia Chrysopetalidae

*Chrysopetalum occidentale* Johnson, 1897

##### Familia Glyceridae

*Glycera brevicirris* Grube, 1870

*Glycera dibranchiata* Ehlers, 1868

*Glycera lapidum* Quatrefages, 1866

*Glycera oxycephala* Ehlers, 1887

*Glycera pacifica* Kinberg, 1865

*Glycera prosobranchia* Böggemann y Fiege, 2001

##### Familia Goniadidae

*Glycinde polygnatha* Hartman, 1950

*Glycinde solitaria* (Webster, 1879)

*Goniada acicula* Hartman, 1940

*Goniada brunnea* Treadwell, 1906

##### Familia Pisionidae

*Pisione* sp. 1

### **Familia Phyllodoceidae**

*Eteone* sp. 1  
*Eulalia* sp. 1  
*Eumida* sp. 1  
*Nereiphylla* sp. 1  
*Paranaitis* sp. 1  
*Phyllodoce longipes* Kinberg, 1866  
*Phyllodoce madeirensis* Langerhans, 1880  
*Phyllodoce* sp. 1  
*Phyllodoce* sp. 2

### **Familia Nephtyidae**

*Aglaophamus erectans* Hartman, 1950  
*Aglaophamus longicirrata* Perez-Torrijos *et al.* 2009  
*Aglaophamus verrilli* (McIntosh, 1885)  
*Nephtys caecoides* Hartman, 1938  
*Nephtys californiensis* Hartman, 1938  
*Nephtys panamensis* Monro, 1928

### **Familia Nereididae**

*Alitta succinea* (Frey y Leuckart, 1847)  
*Ceratocephale oculata* Banse, 1977  
*Ceratocephale papillata* de León-González y Góngora-Garza, 1992  
*Ceratonereis longicirrata* Perkins, 1980  
*Gymnonereis crosslandi* (Monro, 1933)  
*Leonnates decipiens* Fauvel, 1929  
*Neanthes micromma* Harper, 1979  
*Nereis imajimai* de León-González y Díaz-Castañeda, 1998  
*Nereis lamellosa* Ehlers, 1868  
*Nereis pelágica* Linnaeus, 1758  
*Nicon moniloceras* (Hartman, 1940)  
*Rullierinereis mexicana* (Treadwell, 1942)

### **Familia Hesionidae**

*Podarkeopsis brevipalpa* (Hartmann-Schröder, 1959)  
*Podarke pugettensis* Johnson, 1901  
*Podarke* sp. 1  
*Wesenbergia* sp. 1

### **Familia Pilargidae**

*Hermundura bennei* (Solís-Weiss, 1983)  
*Hermundura ocularis* Emerson y Fauchald, 1971  
*Sigambra rugosa* Fauchald, 1972  
*Sigambra tentaculata* (Treadwell, 1941)  
*Synelmis albini* (Langerhans, 1881)

### **Familia Syllidae**

*Haplosyllis spongicola* (Grube, 1855)  
*Myrianida prolifera* (Müller, 1788)  
*Odontosyllis polycera* (Schmarda, 1861)  
*Syllis aciculata* (Treadwell, 1945)  
*Syllis prolifera* (Krohn, 1852)



*Syllis* sp. 1

*Trypanosyllis aeolis* Langerhans, 1879

## **Eunicida**

### **Familia Amphinomidae**

*Chloeia entypa* Chamberlin, 1919

*Chloeia viridis* (Schmarda, 1861)

*Linopherus kristiani* Salazar-Vallejo, 1987

### **Familia Euprosinidae**

*Euprosine arctia* Johnson, 1897

### **Familia Dorvilleidae**

*Dorvillea moniloceras* (Moore, 1909)

*Schistomeringos annulata* (Moore, 1906)

### **Familia Lumbrineridae**

*Eranno lagunae* (Fauchald, 1970)

*Lumbricalus dayi* Frame, 1992

*Lumbrinerides acutiformis* (Gallardo, 1968)

*Lumbrinerides platypygos* (Fauchald, 1970)

*Lumbrineris cruzensis* Hartman, 1944

*Lumbrineris latreilli* Audouin y Milne-Edwards, 1834

*Lumbrineris limicola* Hartman, 1944

*Lumbrineris zonata* (Johnson, 1901)

*Ninoe foliosa* Fauchald, 1972

*Ninoe jessicae* Hernández-Alcántara *et al.* 2006

*Scoletoma crassidentata* (Fauchald, 1970)

*Scoletoma erecta* (Moore, 1904)

*Scoletoma platylobata* (Fauchald, 1970)

*Scoletoma tetraura* (Schmarda 1861)

### **Familia Oeonidae**

*Arabella iricolor* (Montagu, 1804)

*Drilonereis falcata* Moore, 1911

*Drilonereis longa* Webster, 1879

### **Familia Eunicidae**

*Eunice mexicana* Fauchald, 1970

*Eunice websteri* Fauchald, 1969

*Eunice* sp. 1

*Lysidice ninetta* Audouin y Milne-Edwards, 1833

*Marphysa conferta* Moore, 1911

*Marphysa mortenseni* Monro, 1928

### **Familia Onuphidae**

*Diopatra obliqua* Hartman, 1944

*Diopatra ornata* Moore, 1909

*Diopatra papillata* Fauchald, 1968

*Diopatra splendidissima* Kinberg, 1865

*Diopatra tridentata* Hartman, 1944

*Hirsutonuphis* sp. 1

*Hyalinoecia juvenalis* Moore, 1911

*Kinbergonuphis cedroensis* (Fauchald, 1968)

*Kinbergonuphis microcephala* (Hartman, 1944)

*Kinbergonuphis proalopus* (Chamberlin, 1919)  
*Kinbergonuphis pulchra* (Fauchald, 1980)  
*Kinbergonuphis vermillionensis* (Fauchald, 1968)  
*Kinbergonuphis virgata* (Fauchald, 1980)  
*Mooreonuphis elsiae* de León-González, 1994  
*Mooreonuphis nebulosa* (Moore, 1911)  
*Onuphis eremita* Audouin y Milne-Edwards, 1833  
*Onuphis eremita parva* Berkeley y Berkeley, 1941

## ANEXO 2

### LISTADO FAUNÍSTICO DE LA TEMPORADA VERANO-OTOÑO

#### Clase Polychaeta Grube, 1850

##### Palpata

##### Aciculata

##### Phyllodocida

##### Familia Acoetidae

*Polyodontes panamensis* (Chamberlin, 1919)  
*Polyodontes oculea* (Treadwell, 1901)  
*Acoetes pacifica* (Treadwell, 1914)

##### Familia Aphroditidae

*Aphrodita* sp. 1

##### Familia Eulepethidae

*Grubeulepis fimbriata* (Treadwell, 1901)  
*Grubeulepis* sp. 1  
*Grubeulepis* sp. 2

##### Familia Polynoidae

*Iphione ovata* Kinberg, 1856  
*Lepidasthenia digueti* Gravier, 1905  
*Lepidonotus sublevis* Verrill, 1873  
*Lepinodopsis humilis* (Augener, 1922)  
*Malmgreniella baschi* Pettibone, 1993  
*Malmgreniella* sp. 1  
*Subadyte mexicana* Fauchald, 1972  
*Subadyte* sp. 1

##### Familia Sigalionidae

*Sigalion lewisii* Berkeley y Berkeley, 1939  
*Sthenelais fusca* Johnson, 1897  
*Sthenelais helenae* Kinberg, 1855  
*Sthenelais tertiaglabra* Moore, 1910  
*Sthenelais verruculosa* Johnson, 1897  
*Sthenelanella uniformis* Moore, 1910  
*Sthenolepis fimbriaum* (Hartman, 1939)

##### Familia Glyceridae

*Glycera americana* Leydi, 1855  
*Glycera branchiopoda* Moore, 1911  
*Glycera brevicirris* Grube, 1870

*Glycera dibranchiata* Ehlers, 1868  
*Glycera guatemalensis* Böggemann y Fiege, 2001  
*Glycera lapidum* Quatrefages, 1866  
*Glycera oxycephala* Ehlers, 1887  
*Glycera pacifica* Kinberg, 1865  
*Glycera prosobranchia* Böggemann y Fiege, 2001  
*Glycera tessellata* Grube, 1863  
*Glycera* sp. 1

#### **Familia Goniadidae**

*Bathyglycinde* sp. 1  
*Glycinde armigera* Moore, 1911  
*Glycinde polygnatha* Hartman, 1950  
*Goniada brunnea* Hartman, 1940  
*Goniada maculata* Örsted, 1843

#### **Familia Phyllodoceidae**

*Eteone brigitteae* Blake, 1992  
*Eteone pigmentata* Blake, 1992  
*Eumida bifoliata* (Moore, 1909)  
*Mystides borealis* Théel, 1879  
*Nereiphylla* sp. 1  
*Paranaitis polynoides* (Moore, 1909)  
*Paranaitis* sp. 1  
*Paranaitis* sp. 2  
*Phyllodoce hartmanae* Blake y Walton, 1977  
*Phyllodoce longipes* Kinberg, 1866  
*Phyllodoce madeirensis* Langerhans, 1880  
*Phyllodoce medipapillata* Moore, 1909  
*Phyllodoce* sp. 1  
*Phyllodoce* sp. 2  
Género A

#### **Familia Nephtyidae**

*Aglaophamus erectans* Hartman, 1950  
*Aglaophamus verrilli* (McIntosh, 1885)  
*Aglaophamus* sp. 1  
*Aglaophamus* sp. 2  
*Nephtys caecoides* Hartman, 1938  
*Nephtys californiensis* Hartman, 1938  
*Nephtys panamensis* Monro, 1928  
*Nephtys parva* Clark y Jones, 1955  
*Nephtys simoni* Perkins, 1980

#### **Familia Nereididae**

*Alitta succinea* (Frey y Leuckart, 1847)  
*Ceratocephale costae*  
*Ceratocephale oculata* Banse, 1977  
*Ceratocephale pacifica* (Hartman, 1960)  
*Ceratocephale papillata* de León-González y Góngora-Garza, 1992  
*Ceratonereis singularis* Treadwell, 1929

*Cheilonereis* sp. 1  
*Neanthes micromma* Harper, 1979  
*Nereis imajimai* de León-González y Díaz-Castañeda, 1998  
*Nereis riisei* Grube, 1887  
*Nereis* sp. 1  
*Nicon moniloceras* (Hartman, 1940)  
*Rullierinereis mexicana* (Treadwell, 1942)

**Familia Hesionidae**

*Nereimyra* sp. 1  
*Podarkeopsis brevipalpa* (Hartmann-Schröder, 1959)

**Familia Pilargidae**

*Hermundura bennei* Solís-Weiss, 1983  
*Hermundura fauveli* (Berkeley y Berkeley, 1941)  
*Sigambra tentaculata* (Treadwell, 1941)  
*Synelmis albini* (Langerhans, 1881)  
*Synelmis emiliae* Salazar-Vallejo, 2003  
*Synelmis* sp. 1

**Familia Syllidae**

*Branchiosyllis exilis* (Gravier, 1900)  
*Paraehlersia ferrugina* (Langerhans, 1881)  
*Syllis alternata* Moore, 1908  
*Syllis armillaris* (O.F. Müller, 1771)  
*Syllis garciai* (Campoy, 1982)  
*Syllis hyalina* Grube, 1863  
*Syllis lutea* (Hartmann-Schröder, 1960)  
*Syllis magna* (Westheide, 1974)  
*Syllis variegata* Grube, 1860

**Eunicida**

**Familia Amphinomidae**

*Chloeia entypa* Chamberlin, 1919  
*Chloeia pinnata* Moore, 1912  
*Chloeia viridis* (Schmarda, 1861)  
*Chloeia* sp. 1  
*Linopherus kristiani* Salazar-Vallejo, 1987

**Familia Dorvilleidae**

*Schistomeringos annulata* (Moore, 1906)

**Familia Lumbrineridae**

*Abyssoninoe* sp. 1  
*Lumbricalus dayi* Frame, 1992  
*Lumbricalus vivianneae* Carrera-Parra, 2004  
*Lumbrinerides acuta* (verrill, 1875)  
*Lumbrinerides platypygus* (Fauchald, 1970)  
*Lumbrineris cedroensis* Fauchald, 1970  
*Lumbrineris cruzensis* Hartman, 1944  
*Lumbrineris latreilli* Audouin y Milne-Edwards, 1834  
*Lumbrineris limicola* Hartman, 1944  
*Lumbrineris* sp. 1  
*Ninoe foliosa* Fauchald, 1972

*Ninoe jessicae* Hernández-Alcántara *et al.* 2006  
*Ninoe palmata* Moore, 1903  
*Ninoe tridentata* Kinberg, 1864  
*Ninoe* sp. 1  
*Scoletoma erecta* (Moore, 1904)  
*Scoletoma platylobata* (Fauchald, 1970)  
*Scoletoma tetraura* (Schmarda, 1861)  
*Scoletoma* sp. 1

**Familia Oeonidae**

*Arabella iricolor* (Montagu, 1804)  
*Arabelloneris* sp. 1  
*Drilonereis falcata* Moore, 1911  
*Drilonereis longa* Webster, 1879

**Familia Eunicidae**

*Eunice americana* Hartman, 1944  
*Eunice multicylindri* Shisko, 1981  
*Eunice vittata* (Delle Chiaje, 1828)  
*Eunice vittatopsis* Fauchald, 1970  
*Lysidice ninetta* Audouin y Milne-Edwards, 1833  
*Marphysa oculata* Treadwell, 1921  
*Marphysa conferta* Moore, 1911  
*Marphysa disjuncta* Hartman, 1961  
*Nematonereis unicornis* Schmarda, 1861  
*Eunice* sp. 1

**Familia Onuphidae**

*Diopatra farallonensis* Fauchald, 1968  
*Diopatra neotridens* Hartman, 1944  
*Diopatra obliqua* Hartman, 1944  
*Diopatra ornata* Moore, 1909  
*Diopatra papillata* Fauchald, 1978  
*Diopatra splendidissima* Kinberg, 1965  
*Diopatra tridentata* Hartman, 1944  
*Hyalinoecia juvenalis* Moore, 1909  
*Kinbergonuphis cedroensis* (Fauchald, 1968)  
*Kinbergonuphis microcephala* (Hartman, 1944)  
*Kinbergonuphis proalopus* (Chamberlin, 1919)  
*Kinbergonuphis pulchra* (Fauchald, 1980)  
*Kinbergonuphis simony* (Santos, Day y Rice, 1981)  
*Kinbergonuphis vermillionensis* (Fauchald, 1968)  
*Kinbergonuphis* sp. 1  
*Kinbergonuphis* sp. 2  
*Mooreonuphis* cf *guadalupensis* (Fauchald, 1968)  
*Mooreonuphis elsiae* de León-González, 1994  
*Mooreonuphis nebulosa* (Moore, 1911)  
*Mooreonuphis pallidula* (Hartman, 1965)  
*Mooreonuphis* sp. 1  
*Mooreonuphis* sp. 2  
*Onuphis affinis* Audouin y Moore-Edwards, 1833

ANEXO 3

VARIABLES AMBIENTALES POR ESTACIÓN DE MUESTREO EN LA TEMPORADA INVIERNO-PRIMAVERA (ND= NO DETERMINADO)

Estación	Profundidad (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (%)	Oxígeno disuelto (ml/l)	Materia orgánica (%)	% Arena
CSII 03	32	14.0	35.04	1.02	5.7	96
CSIM 04	79	13.2	35.00	0.80	3.0	77
CSIE 05	120	12.9	34.98	0.54	6.4	77
PSIM 08	52	18.7	35.50	3.62	4.2	99
PSII 10	39	17.5	35.51	4.93	4.1	87
CSIE 14	92	13.6	35.09	0.92	5.3	85
CSIM 15	49.8	14.1	35.22	1.04	ND	ND
CSII 16	22.2	15.3	35.46	4.62	3.9	92
PSII 19	30.4	35.5	35.30	4.00	1.8	96
PSIM 20	54.1	13.6	35.28	3.25	4.5	97
PSIE 21	104.1	35.2	35.24	2.97	ND	ND
CNIE 25	102.1	12.7	35.22	1.9	3.0	96
CNIM 26	71.9	14.4	35.35	2.55	1.5	94
CNII 27	34.9	15.1	35.46	3.09	6.9	94
PNII 32	37.2	15.1	35.48	4.21	7.2	46
PNIE 33	81.2	13.8	35.33	1.93	ND	ND
PNIM 34	32.9	15.1	35.38	4.30	6.9	18
CNII 37	30.3	16.0	35.51	5.40	2.4	85
CNIM 38	71.9	14.5	35.45	3.17	ND	ND
CNIE 39	106.4	13.2	35.16	1.73	3.0	82
CNII 42	29.9	16.4	35.54	5.11	3.6	91
CNIM 43	68.8	15.2	35.45	3.03	8.9	74
CNIE 44	104.1	14.2	35.26	2.40	7.2	74
CSIE 46	105	12.9	35	0.91	2.9	95
CSII 47	36.9	13.8	35.06	1.54	ND	ND
CSIM 48	60.2	13.2	35.09	0.63	5.7	89
PSIE 49A	100	13.2	35.1	1.34	3.6	96
PSIM 49B	68.8	13.7	35.11	1.33	ND	ND
PSII 49C	28.9	17.2	35.4	4.7	3.6	90
CSIE 50	97	13.2	34.99	1.47	5.7	62
CSIM 51	49.5	14.8	35.15	1.8	7.2	58
CSII 52	28.6	16.8	35.19	5.4	3.6	58
PBII 55	32.5	21.3	34.7	5.2	3.8	97
PBIE 56	101	13.9	34.8	1.1	5.7	95
PBIM 57	64	18.9	34.64	5	2.1	94

## ANEXO 4

### VARIABLES AMBIENTALES POR ESTACIÓN DE MUESTREO EN LA TEMPORADA VERANO-OTOÑO

Estación	Profundidad (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (%)	Oxígeno disuelto (ml/l)	Materia orgánica (%)	% Arena
CSVI 03	23.5	30.2	35.00	4.76	2.90	87
CSVM 04	54.9	25.3	35.23	3.58	5.00	84
CSVE 05	97.0	16.3	35.07	2.12	5.10	69
PSVM 08	48	19.8	34.3	3.21	5.1	97
PSVI 10	28.4	24.7	34.45	5.06	5	86
CSVE 14	80.7	15.5	<b>34.8</b>	1.23	7.2	88
CSVM 15	39	28.1	34.8	3.83	6.1	81
CSVI 16	18	<b>29.9</b>	35.95	4.82	3.8	87
PSVI 19	19.5	23.6	31.64	3.59	5.00	95
PSVM 20	43.9	24.4	31.76	3.80	4.00	84
PSVE 21	112.0	16.3	35.48	2.22	6.90	97
CNVE 25	83	17.2	35.52	2.54	6.5	99
CNVM 26	65.8	26.8	35.58	4.64	4.8	89
CNVI 27	34.4	26.6	35.59	4.28	5.3	95
PNVI 32	21.6	28.2	35.9	4.10	5.1	98
PNVE 33	72.8	22.7	35.58	3.88	5.1	16
PNVM 34	26.3	28.9	35.93	3.18	2.9	64
CNVI 37	21.5	29.6	36.06	4.26	5.00	91
CNVM 38	64.0	26.5	35.71	3.51	3.00	74
CNVE 39	93.0	20.8	35.54	2.25	5.00	64
CNVI 42	23.5	28.1	35.63	4.03	4.80	80
CNVM 43	66.3	22.5	35.60	2.75	8.40	71
CNVE 44	106.0	19.4	35.63	2.56	8.40	52
CSVE 46	96	16	35.31	1.62	3	96
CSVI 47	21.4	29.8	35.56	4.53	1.5	96
CSVM 48	54.6	22.5	35.44	3.01	1.9	89
PSVE 49A	94	18.9	35.41	2.77	5.7	93
PSVM 49B	63.3	21.4	35.46	3.09	4.4	74
PSVI 49C	17	24.5	35.44	3.87	3.9	93
CSVE 50	80	17.6	35.22	2.22	3.8	49
CSVM 51	42	32	35.12	4.58	4.8	46
CSVI 52	22.1	30	34.2	4.34	5.3	83
PBVI 55	33.5	23.5	33.46	4.47	5.5	97
PBVE 56	104	16.3	33.53	1.6	4	97
PBVM 57	55.2	17.2	33.48	2.35	6.1	98