

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN
SUPERIOR DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA**



**PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS
EN ECOLOGÍA MARINA**

**Variación estacional de los anfípodos hipéridos en la zona
frente a Punta Eugenia - Punta Abreojos, Baja California
durante un año frío**

Tesis

para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de
Maestro en Ciencias

Presenta:

Lady Liliana Espinosa Leal

Ensenada, Baja California, México
2014

Tesis defendida por

Lady Liliana Espinosa Leal

y aprobada por el siguiente Comité

Dra. Bertha Eugenia Lavaniegos Espejo
Director del Comité

Dra. Beatriz Cordero Esquivel
Miembro del Comité

Dr. Reginaldo Durazo Arvizu
Miembro del Comité

Dr. Gilberto Gaxiola Castro
Miembro del Comité

Dra. María Lucila del Carmen Lares Reyes
Coordinador del Posgrado en Ecología
Marina

Dr. Jesús Favela Vara
Director de Estudios de Posgrado

Septiembre, 2014

Resumen de la tesis que presenta **Lady Liliana Espinosa Leal** como requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en Ciencias en Ecología Marina.

Variación estacional de los anfípodos hipéridos en la zona frente a Punta Eugenia- Punta Abreojos, Baja California durante un año frío

Resumen elaborado por:

Lady Liliana Espinosa Leal

Se describió la variación estacional de los anfípodos hipéridos en la zona oceánica frente a Punta Eugenia - Punta Abreojos, Baja California durante 2011 que fue un año frío debido a la influencia de La Niña. Se utilizaron muestras recolectadas durante cuatro campañas oceanográficas del programa IMECOCAL del año 2011. La temperatura a 10 m de profundidad fue muy similar de enero a julio con un promedio de 16 a 17 °C y en octubre se incrementó 3 °C. Los perfiles verticales de salinidad fueron más similares en los meses de enero, abril y julio, mostrando influencia de Agua Subártica en la capa superior (33.3-33.7) mientras en octubre se observó un rango de valores más alto (33.5-33.8) debido a la influencia de agua de origen subtropical. Se encontraron 63 especies de anfípodos durante el estudio cuya presencia varió estacionalmente. El mayor número se presentó en octubre (54), y el menor (17) en enero. A lo largo del estudio *Eupronoe minuta*, *Primno brevidens* *Lestrigonus schizogeneios* y *Simorhynchotus antennarius* se constituyeron como las especies más comunes y abundantes. No obstante, *Lestrigonus bengalensis* fue la segunda especie más abundante en octubre, que por su afinidad a aguas cálidas indica la influencia de agua oceánica subtropical. El análisis de similitud mostró una diferencia estacional en la que las comunidades de primavera-verano fueron muy similares entre sí y muy diferentes de las comunidades de invierno y otoño. Sin embargo, en la mayoría de los casos las especies que contribuyeron a esta similitud siempre fueron las mismas (*L. schizogeneios*, *P. brevidens* y *E. minuta*). La estructura de la comunidad presentó una fuerte correlación ($\rho S= 0.644$), con variables ambientales correlacionadas entre sí (temperatura y salinidad a 10 m, profundidad de la capa de mezcla y el parámetro de estratificación calculado entre la superficie y 100 m), junto con la biomasa zooplanctónica. Finalmente, al comparar la estructura de la comunidad con datos de anfípodos de un estudio previo (2005) se encontró que la composición de especies fue muy similar a la de 2011 pero se mantienen diferencias estacionales en la abundancia en 30 de las 52 especies comunes, posiblemente como consecuencia de los efectos de La Niña.

Palabras Clave: **Anfípodos, comunidad, Zooplancton, La Niña, Corriente de California**

Abstract of the thesis presented by **Lady Liliana Espinosa Leal**, as a partial requirement to obtain the Master of Science degree in in Marine Ecology.

Seasonal variation of hyperiid amphipods in the area off Punta Eugenia- Punta Abreojos, Baja California during a cold year

Abstract by:

Lady Liliana Espinosa Leal

Seasonal variation of hyperiid amphipods was described in the oceanic area between Punta Eugenia - Punta Abreojos, Baja California in 2011 that was a cold year due to the influence of La Niña. Zooplankton samples were collected in four IMECOCAL oceanographic campaigns of 2011. The temperature at 10 m depth was similar between January and July with an average of 16 to 17 °C and in October it increased 3 °C. Vertical salinity profiles were more similar in the months of January, April and July, showing influence of subarctic water in the upper layer (33.3-33.7) while in October a range of higher values (33.5-33.8) was observed due to the influence of subtropical water. 63 species were found during the study whose presence varied seasonally. The largest number were filed in October (54) and the lowest (17) in January. Throughout the study *Eupronoe minuta*, *Primno brevidens* *Lestrigonus schizogeneios* and *Simorhynchotus antennarius* constituted themselves as the most common and abundant species. *Lestrigonus bengalensis* was the second most abundant species in October; the affinity for warmer waters of this specie indicates the influence of Subtropical Oceanic Water. Similarity analysis indicated a seasonal difference in the communities, spring and summer were very similar and communities of winter and autumn were very different. However, in most cases the species that contributed to this similarity were always the same (*L. schizogeneios*, *P. brevidens* and *E. minuta*). The community structure showed a strong correlation ($\rho S = 0.644$) with environmental variables correlated (temperature and salinity at 10 m, depth of the mixed layer and the stratification parameter calculated between the surface and 100 m at 100 m), together with the zooplankton biomass. Finally, when the community structure was compared with data from a previous amphipods study (2005) we found that species composition was very similar, but seasonal differences in abundance in 30 of the 52 common species persist possibly due to the effects of La Niña.

Keywords: **Amphipods, community, Zooplankton, La Niña, California Current**

Dedicatoria

*A mi madre por el apoyo incondicional al emprender
esta aventura*

*A mis hermanos por las palabras de aliento y los
consejos*

*A la vida por darme la oportunidad de cumplir un
sueño*

Agradecimientos

A CONACYT por la beca de maestría con la cual realice mis estudios

A CICESE por ser la institución que creyó en mí, me permitió materializar un sueño, aprender cosas nuevas, conocer personas maravillosas y vivir experiencias increíbles.

Al programa IMECOCAL del cual obtuve las muestras biológicas para la realización de la tesis.

A mi directora la Dra. Bertha Lavaniegos por confiar en mí, aceptarme en su laboratorio, compartir su conocimiento y ayudarme en la ejecución de este trabajo.

A los miembros del comité, Dra. Beatriz Cordero Esquivel, Dr. Reginaldo Durazo Arvizu y Dr. Gilberto Gaxiola Castro por sus intervenciones, comentarios y correcciones oportunas.

A los profes Jorge Rosales, Oscar Sosa, Saúl Álvarez y Luis Calderón por su ayuda en mis pequeños momentos de crisis y por las palabras adecuadas en el momento preciso.

A mis compañeros de generación porque de cada uno de ellos me llevo grandes aprendizajes y recuerdos.

A mis compañeros de laboratorio Magnolia y su hija Violeta, a Víctor y Ofir, por las charlas, el apoyo, los consejos y las ayudas...chicos ustedes son lo máximo.

Al colectivo de baile y Al CICESE Running Team, a sus profes Javier y Humberto porque me enseñaron a disfrutar espacios donde el arte y el deporte permiten diversión, salud y aprendizaje y cuyas rutinas se convirtieron en un reto personal, pero sobre todo porque me permitieron conocer a muchas personas que hoy considero mis amigos.

A mis amig@s Clarissa, Samantha, Ana Laura, Rocío, Erick, Paul, Arturo, Nelson, Rodrigo y David por llegar a mi vida y compartir conmigo las cenas, asaditos, bailadas, días de playa, acampadas, fiestas, Karaoke, cumpleaños, conciertos y las miles de fotografías durante todo este tiempo.....espero poder vivir más aventuras junto a ustedes, los llevo en el corazón.

A todas aquellas personas que conocí en este tiempo y lugar.....Gracias por ser parte de mi historia.

Tabla de contenido

	Página
Resumen español	ii
Resumen inglés	iii
Dedicatorias	iv
Agradecimientos	v
Lista de Figuras	viii
Lista de Tablas	x
1. Introducción	
1.1 Generalidades de los anfípodos hipéridos.....	1
1.2 El sistema de la Corriente de California.....	4
1.3 El Niño-Oscilación del Sur (ENOS).....	6
1.4 La Niña 2010-2012.....	7
1.5 Antecedentes.....	9
1.6 Justificación.....	13
1.7 Hipótesis.....	14
1.8 Objetivos.....	14
1.8.1 Objetivo General.....	14
1.8.2 Objetivos Específicos.....	14
2. Materiales y métodos	
2.1 Zona de estudio.....	15
2.2 Fase de campo.....	16
2.3 Fase de laboratorio.....	17
2.4 Fase de análisis.....	18
2.4.1 Condiciones ambientales.....	18
2.4.2 Estructura de la comunidad.....	19
3. Resultados	
3.1 Condiciones ambientales.....	21
3.1.1 Circulación y estructura termohalina.....	21
3.1.2 Anomalías termohalinas.....	26
3.2 Comunidad de anfípodos.....	29
3.2.1 Abundancia media.....	31
3.3 Descriptores ecológicos.....	35
3.3.1 Diversidad y dominancia.....	35
3.3.2 Similitud y análisis de conglomerados.....	36
3.4 Relación de los anfípodos hipéridos y las variables hidrográficas.....	38
3.5 Comparación de la comunidad de anfípodos hipéridos del año 2005 y 2011.....	41

Tabla de contenido (Continuación)

4. Discusión.....	47
5. Conclusiones.....	56
Lista de referencias	57
Anexos.....	65

Lista de figuras

Figura 1. Anatomía general de los anfípodos hipéridos. Tomado de Bowman & Gruner (1973).....	12
Figura 2. División regional del Sistema de la Corriente de California. (Tomado de U.S. GLOBEC, 1994).	15
Figura 3. Líneas y estaciones de muestreo. Los puntos blancos corresponden a estaciones diurnas y los negros a estaciones nocturnas. El área sombreada indica profundidades < 200 m.	26
Figura 4. Contornos de la altura dinámica de la superficie del mar relativos a 500m de profundidad. El intervalo de contorno es de 2cm dinámicos. Las flechas indican la dirección de la corriente.	31
Figura 5. Promedio y desviación estándar de la distribución vertical de temperatura (°C) en la zona de estudio.....	32
Figura 6. Promedio y desviación estándar de la distribución vertical de salinidad en la zona de estudio.....	33
Figura 7. Profundidad de la capa de mezcla (m) durante las temporadas de invierno (enero), primavera (abril), verano (julio) y otoño (octubre) de 2011.	34
Figura 8. Diagramas T-S estacionales que indican los límites de las masas de agua presentes en la zona de estudio (Durazo & Baumgartner, 2002): Agua Subártica (ASA), Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESs) y Agua Subtropical Superficial (AStS). La línea negra indica el perfil promedio (15 años) a profundidades estándar. Los colores indican la profundidad en metros.	35
Figura 9. Anomalías de temperatura (A, C, E) y salinidad (B, D F) calculadas a profundidades de 10 m (A, B) ,30 m (C, D) y 50 m (E, F) en la zona de estudio con base en el Periodo 1997-2011.....	37
Figura 10. Anomalías de temperatura (A) y salinidad (B) calculadas a 200 m de profundidad en la zona de estudio con base en el Periodo 1997-2011...	38
Figura 11. Abundancia media e intervalo de confianza (\pm 95%) de las especies encontradas en enero de 2011.	41
Figura 12. Abundancia media e intervalo de confianza (\pm 95%) de las especies encontradas en abril de 2011.....	42
Figura 13. Abundancia media e intervalo de confianza (\pm 95%) de las especies encontradas en julio de 2011.	43

Lista de figuras (Continuación)

- Figura 14. Abundancia media e intervalo de confianza ($\pm 95\%$) de las especies encontradas en octubre de 2011.....44
- Figura 15. Abundancia media e intervalo de confianza ($\pm 95\%$) de los organismos juveniles a lo largo del estudio.45
- Figura 16. Variación temporal promedio (IC $\pm 95\%$) de los índices de diversidad de Shannon (A) y dominancia de Simpson (B).45
- Figura 17. Dendograma (A) y nMDS (B) realizados a partir de la matriz de similitud de Bray-Curtis. En el dendograma se muestran las diferencias significativas entre conglomerados obtenidas con el análisis de Simprof ($p < 0.05$) marcadas con líneas negras.47
- Figura 18. Medias Geométricas (MG) apiladas de las especies pertenecientes a conglomerados resultantes del análisis de similitud (ver fig.17). Las especies seleccionadas son la combinación de las cinco con mayor aporte a la similitud de los grupos como resultado del análisis de Simper. Otros indican Sumatoria de las especies restantes.48
- Figura 19. nMDS realizados a partir de la matriz de similitud de Bray-Curtis que muestra la ubicación de las estaciones de muestreo (A) en función de los valores de temperatura a 10 m (B), salinidad a 10 m (C), biomasa zooplanctónica (D), profundidad de la capa de mezcla (E) y parámetro de estratificación a 100 m (F). El tamaño de los círculos está en función del valor de cada variable y es diferente en cada ordenación.....50
- Figura 20. Dendograma (A) y nMDS (B) realizados a partir de las matrices de similitud de Bray-Curtis para la base de datos de los años 2005 y 2011. Para el dendograma se muestran las diferencias significativas entre conglomerados obtenidas con el análisis de Simprof ($p < 0.05$) marcadas con líneas negras. En el nMDS se muestran por duplicado en función de los meses de muestreo.52
- Figura 21. Medias Geométricas (MG) apiladas de las especies pertenecientes a conglomerados resultantes del análisis de similitud (ver fig.19). Las especies seleccionadas son las combinación de las 2 con mayor aporte a la similitud de los grupos como resultado del análisis de Simper. Otros indican Sumatoria de las especies restantes. Se excluyen de esta gráfica los conglomerados 7 y 11 conformados por dos estaciones.....53

Lista de tablas

- Tabla 1. Especies encontradas en la zona de estudio. Los números indican las estaciones en que se registraron con respecto al total que se señala en paréntesis.....39
- Tabla 2. Variables ambientales utilizadas para la correlación con la matriz de similitud de anfípodos, realizada con la rutina BIOENV.....49
- Tabla 3. Resultados de la rutina BIOENV para la asociación entre la comunidad de anfípodos y las variables ambientales49
- Tabla 4. Comparación de abundancias entre las especies del ensamble conjunto 2005-2011, mediante la prueba de Kruskal-Wallis ($H=71$). Se muestran las especies a partir de las cuales se presentan diferencias significativas.54
- Tabla 5. Prueba U de Mann-Whitney que compara las abundancias entre las diferentes estaciones de los años 2005 y 2011. El número de muestras para cada uno de los años fue de 36 para 2005 y 35 para 2011. Solo se muestran los resultados de las especies con resultados significativos. ...55

1. Introducción

Debido a la importancia ecológica y económica que tienen los ecosistemas de surgencias de frontera oriental como lo es el Sistema de la Corriente de California (SCC), en los últimos años ha adquirido especial relevancia su caracterización tanto física como biológica y como estos sistemas responden a fenómenos de diferentes escalas temporales (estacional, anual e interanual, etc.). Ejemplo de esto, es el programa de Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California (IMECOCAL) cuyo objetivo principal busca “predecir la respuesta del ecosistema pelágico al cambio climático regional y global”, a través de descripciones de procesos físicos y biológicos, en el sector correspondiente a la costa occidental de la península de Baja California (Baumgartner et al., 2008).

Parte de estas descripciones se basan en la recolecta, caracterización y cuantificación de material biológico correspondiente al zooplancton cuyo análisis ha permitido establecer patrones de distribución y abundancia asociados a diferentes escalas estacionales y forzamientos físicos. Debido a su gran abundancia y papel central en las redes tróficas del SCC, los grupos principalmente estudiados corresponden a los copépodos, eufáusidos y salpas (Lavaniegos et al., 2010). Actualmente, se reconoce la importancia del grupo de los anfípodos hipéridos en regiones frías y templadas donde constituyen el alimento principal de diferentes estadios y especies de peces, aves, pinnípedos (Armstrong et al., 2005; Bocher et al., 2001; Collins et al., 2008; Dalpadado et al., 2001; Dehn et al., 2006) y ballenas planctófagas (Vinogradov et al., 1996). No obstante, a pesar de su importancia este grupo de crustáceos pelágicos ha sido poco estudiado.

1.1. Generalidades de los anfípodos hipéridos

Dentro de la comunidad zooplanctónica presente en el océano, se encuentran los anfípodos del suborden Hyperiidae (Peracarida, Malacostraca, Crustacea), que morfológicamente se caracterizan por tener el cuerpo aplanado lateralmente y dividido

en tres secciones: la sección cefálica consiste de cinco segmentos fusionados, con seis pares de apéndices (antenas 1 y 2, mandíbulas, maxilas 1 y 2 y maxilípedos), labro y labio; puede estar cubierta en su mayor parte por ojos compuestos (Physocephalata) o tener ojos pequeños (Physosomata). La sección torácica (pereón) presenta siete segmentos y en cada uno un par de patas (pereópodos). La sección abdominal presenta seis segmentos, de los cuales los tres primeros (pleón) llevan patas natatorias birrameas multisegmentadas (pleópodos) y los tres últimos (urosoma) tienen apéndices birramios unisegmentados o urópodos (Vinogradov et al., 1996). En el extremo distante del último segmento abdominal, todos los hipéridos tienen un telson libre generalmente, aunque a veces se presenta fusionado con el urosoma (Vinogradov, et al., 1996), también los últimos segmentos urosomales pueden estar fusionados (Figura 1).

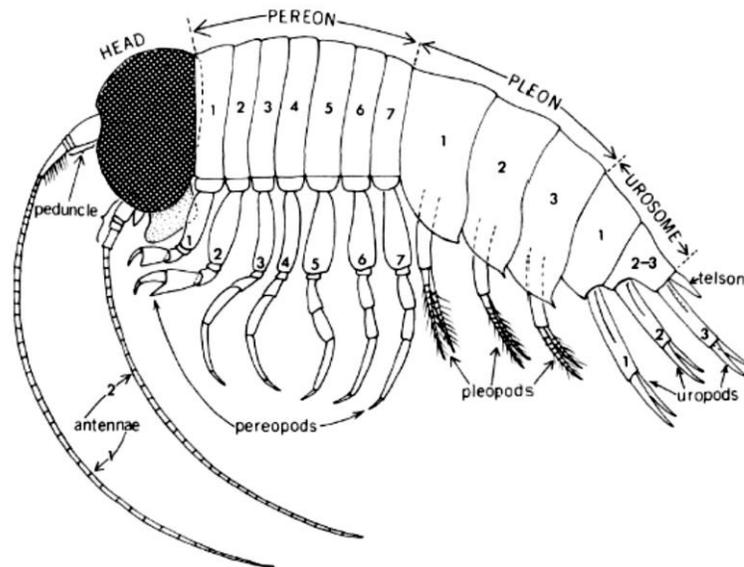


Figura 1. Anatomía general de los anfípodos hipéridos. Tomado de Bowman & Gruner (1973).

Es característico del ciclo de vida de este grupo, que se reproducen sexualmente, presentan dimorfismo sexual y tienen un desarrollo directo. Las hembras presentan una bolsa ventral (marsupio) entre los pereópodos compuesta por osteguitos (placas quitinosas). Los machos liberan los gametos en el marsupio de la hembra, donde tiene lugar la incubación de los huevos hasta las etapas embrionales tardías o juveniles tempranas (Thiel & Hinojosa, 2009). Se caracterizan por presentar, en al menos una parte de su ciclo de vida, asociación simbiótica o parasitoide (Laval, 1980; Gasca &

Haddock, 2004; Gasca et al., 2007) con organismos gelatinosos incluidos sifonóforos, medusas, salpas y ctenóforos (Gasca & Haddock, 2004).

Este grupo es considerado en su mayoría carnívoro, depredador de otros grupos de zooplancton. Cuando se encuentran asociados con los organismos gelatinosos se alimentan de las presas ingeridas por éste o de los tejidos del mismo hospedero (Laval, 1980). No obstante el hábito alimenticio podría modificarse de herbívoro a carnívoro durante el crecimiento como sugiere el estudio realizado en *Themisto japonica* con isotopos estables (Sugisaki et al, 1991). Estudios recientes con ácidos grasos también apuntan hacia una dieta omnívora (Richoux, 2011).

Al ser los hipéridos el tercer grupo en abundancia después de los copépodos y los eufáusidos (Bowman & Gruner, 1973) son de gran importancia en las redes tróficas de las regiones templadas, especialmente debido a que forman agregaciones masivas y constituyen el alimento principal de diferentes estadios y especies de peces (Armstrong et al., 2005; Collins et al., 2008; Dalpadado et al., 2001), aves (Bocher et al., 2001) y ballenas planctófagas (Vinogradov et al., 1996). En las zonas tropicales y subtropicales los hipéridos presentan una mayor diversidad de especies pero menor biomasa (Shedder & Batten, 1995). Existen reportes de su importancia como alimento de ciertas especies de peces (Mostarda et al., 2007; Satoh, 2004).

Considerados exclusivamente marinos y pelágicos, los hipéridos son un grupo muy diverso pero la información sobre su distribución aún es muy escasa, han sido divididos generalmente en especies de aguas frías y de aguas cálidas. Las primeras habitan áreas circum-antárticas, árticas o zonas templadas. Las especies de aguas cálidas tienen una amplia distribución que cubre áreas tropicales y subtropicales y la mayoría son de distribución circumtropical (Vinogradov et al., 1996).

Este grupo habita desde la superficie hasta la zona abisopelágica, aunque la mayoría de las especies se registran en los primeros 1000 m de profundidad.(Vinogradov, 1999; Vinogradov et al., 1996). En un estudio realizado en el Canal de Santa Bárbara, California, las mayores concentraciones de hipéridos se registran entre los 200 y 600 m durante el día; rango que disminuye en la noche pero manteniéndose por debajo de la

termoclina. Esto sugiere un control de la intensidad de la luz sobre la migración vertical de este grupo (Brusca, 1967a). algunas especies del género *Themisto* muestra una migración vertical más definida, observándose que *Themisto pacifica* (estadios inmaduros y adultos) está a 100-200 m de profundidad durante el día y a 0-50 m durante la noche; mientras que *Themisto japónica* desciende a 400-500 m durante el día y asciende a 0-100 m durante la noche (Yamada, Ikeda, & Tsuda, 2004).

1.2. El Sistema de la Corriente de California

El Sistema de la Corriente de California (SCC) se extiende por más de 25 grados de latitud a lo largo de la costa oeste de América del Norte (U.S. GLOBEC, 1994) y forma parte del límite oriental del Giro del Pacífico Norte subtropical con dirección hacia el Ecuador. Es uno de los grandes ecosistemas de frontera oriental que se caracterizan por presentar surgencias costeras, lo que lo hace altamente productivo y de gran importancia comercial al albergar una gran diversidad de organismos y soportar las mayores pesquerías (Rebstock, 2003).

Lynn y Simpson (1987) describieron cuatro masas de agua que tienen influencia en el SCC: Agua Subártica (de baja temperatura y salinidad y alto contenido de oxígeno y fosfatos); Agua Central del Pacífico Norte (con alta temperatura y salinidad pero baja en oxígeno y nutrientes); Agua de Surgencias Costeras (fría, alta salinidad y nutrientes y baja en oxígeno disuelto) y Agua Ecuatorial Subsuperficial (con temperatura, salinidad y concentración de nutrientes altos y baja en oxígeno). Las tres primeras se encuentran en la zona epipelágica (0-200 m) y la última en el estrato de 200-500 m. Durazo, Ramírez-Manguilar, Miranda, y Soto-Mardones, (2010) adoptan este esquema pero al Agua Central la denominan Agua Subtropical Superficial.

Las corrientes principales que forman este sistema son la Corriente de California (CC) y la Contracorriente de California (CCC). La CC con flujo superficial (0-300 m) hacia el Ecuador transporta Agua Subártica; mientras que la CCC es un flujo subsuperficial con dirección al polo a lo largo del talud continental (~200-400 m) que transporta Agua Ecuatorial Subsuperficial (Lynn & Simpson, 1987; Durazo et al., 2010). Durante otoño e

invierno se forma la Contracorriente costera que corresponde a un flujo costero de retorno de una rama de la CC desde Baja California Norte hasta $\sim 40^{\circ}\text{N}$ (Lynn & Simpson, 1987). En la región del Golfo de Ulloa, Baja California Sur, también se ha documentado un flujo costero hacia el ecuador en primavera y una inversión en su dirección durante el verano que lleva agua cálida hacia el polo (González-Rodríguez et al., 2012).

La Organización GLOBEC ha determinado que existen diferencias regionales y con base en aspectos físicos y biológicos, proponen cuatro regiones características (Figura 2):

- ☆ Región I: De Isla Vancouver a Cabo Blanco (Oregon, 50°N - 43°N)
- ☆ Región II: De Cabo Blanco a Punta Concepción (California, 43°N - 35°N)
- ☆ Región III: De Punta Concepción a Punta Baja (California- Baja California, 35°N - 30°N)
- ☆ Región IV: De Punta Baja a Cabo San Lucas (Baja California, 30°N - 23°N)

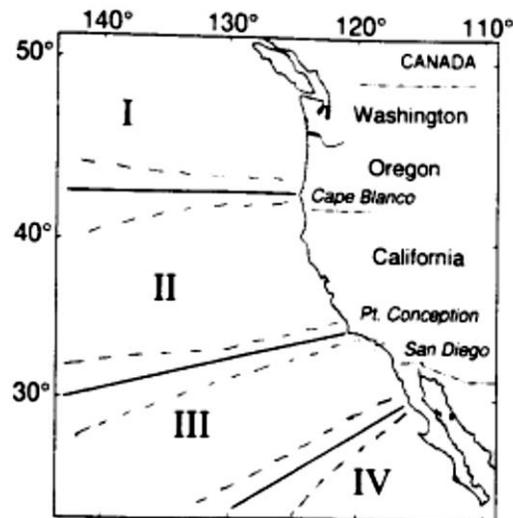


Figura 2. División regional del Sistema de la Corriente de California. (Tomado de U.S. GLOBEC, 1994).

Este trabajo se desarrolla en la región IV donde se encuentra la zona de estudio. Dicha región se caracteriza por presentar un ligero y persistente esfuerzo del viento a lo largo de la costa, lo que genera surgencias principalmente en primavera y verano, moderada estacionalidad en la productividad primaria y muestra una disminución estacional en la biomasa zooplanctónica (U.S. GLOBEC, 1994).

El SCC presenta una alta variabilidad temporal (estacional, interanual, decadal, etc.) y está influenciado por eventos de mesoescala como los frentes, remolinos y chorros que producen gradientes en sus propiedades físicas y biológicas (Rebstock, 2003) en respuesta al campo de viento.

Al considerar la variabilidad estacional en el SCC se aprecian cambios en la posición, las fronteras y la mezcla de las masas de agua que lo conforman. Así en primavera, cuando los vientos del noreste son más intensos, inducen surgencias costeras y la fuerza de la CC es máxima transporta un mayor volumen de Agua Subártica. A medida que esta corriente avanza latitudinalmente y el campo de viento se debilita se ve modificada por calentamiento solar o mezcla con la masa de agua subtropical (Durazo et al., 2010).

A escala interanual, el SCC se ve influenciado por procesos que afectan al Océano Pacífico en toda su extensión, lo que genera variabilidad climática principalmente por eventos relacionados con El Niño-Oscilación del Sur (Durazo et al., 2010).

1.3. El Niño-Oscilación del Sur (ENOS)

El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) es un fenómeno no cíclico que ocurre cada 3-7 años como resultado del acoplamiento atmósfera-océano en el centro y este del Pacífico Tropical asociado a un periodo de calentamiento (El Niño) y uno de enfriamiento (La Niña) en los que se presentan variaciones en el patrón de vientos, lluvias y nivel del mar (Fiedler, 1992; Ohba, 2013).

El periodo de calentamiento “El Niño” se caracteriza por el aumento en la temperatura de las aguas ecuatoriales del Océano Pacífico. Los vientos alisios que soplan sobre el ecuador se debilitan y causan variaciones en las corrientes superficiales (Fiedler, 1992); las altas precipitaciones que normalmente deberían producirse sobre Indonesia, se desplazan y producen sequía en este lugar y altas precipitaciones sobre el Pacífico Ecuatorial Central (Rasmusson & Wallace, 1983). Con la modificación en la intensidad de los vientos se produce un aumento en el nivel del mar y hundimiento de la termoclina en el sector oriental del Océano Pacífico.

En contraste, y sobre la misma región, en el periodo de enfriamiento “La Niña”, la temperatura disminuye, el patrón de los vientos alisios se intensifica (Schwing et al., 2002) y las precipitaciones aumentan considerablemente sobre Indonesia. Durante La Niña se genera una elevación en la termoclina sobre el sector oriental del Pacífico (Singh et al., 2013) lo que produce una intensificación de las surgencias costeras mientras que en el Pacífico occidental se apila agua más cálida superficial (Sheinbaum, 2003).

1.4. La Niña 2010-2012

Las condiciones climáticas globales presentadas en el 2010 se caracterizaron por la influencia del ENSO, que indicó la persistencia de la condición El Niño desde 2009 con intensidad máxima en diciembre, seguida por su relajación hasta condiciones neutrales en mayo de 2010 (Kim et al., 2011) luego ocurre una rápida declinación en la temperatura superficial del mar en el Océano Pacífico Tropical, lo que da lugar a la condición La Niña a partir de julio de 2010 (Sánchez-Lugo et al., 2012), y se intensifica para el final del 2010. A continuación se presenta una disminución gradual del enfriamiento en la región 3.4 del Pacífico ecuatorial hasta una anomalía cercana a cero en junio-julio 2011 solo para volver a enfriarse el resto del año (Hu et al., 2014).

Por lo tanto, se consideró a éste como un evento prolongado con dos pulsos de dos años, aunque el enfriamiento en 2010-2011 fue más intenso que en 2011-2012 (Bureau

of Meteorology, 2012). Boening et al. (2012) documentaron una disminución en el nivel del mar a nivel mundial en 2010-2011 en contraste con acumulación de agua en regiones terrestres de Australia, Sudamérica y sureste de Asia.

En el SCC El Niño se disipó desde la primavera de 2010, registrándose intensas surgencias en verano y temperaturas anómalamente frías que alcanzaron valores altos en algunas regiones (Bjorkstedt et al., 2011). Sin embargo, las diferencias regionales en la distribución, dirección, y la magnitud del forzamiento climático generaron diferencias en las respuestas a dicha fase entre los sectores norte y sur del SCC. Frente a Oregon la temperatura superficial era cálida pero a 50 m de profundidad presentó los valores más bajos en julio-septiembre 2010 respecto al periodo 1997-2010 (ver fig. 21 de Bjorkstedt et al., 2011). Frente al sur de California la temperatura fue substancialmente baja en verano pero posteriormente regresó a valores promedio (ver fig. 13 de Bjorkstedt et al., 2011). En la primavera y verano de 2011 disminuyó el enfriamiento en las regiones norte del SCC, con un resurgimiento de condiciones frías en otoño e invierno hacia una transición a condiciones neutrales durante la primavera del 2012 (Bjorkstedt et al., 2012).

En contraste, para la región de Baja California las anomalías negativas de temperatura y salinidad mostraron la disipación de El Niño 2009-2010 y el desarrollo de condiciones frías desde abril de 2010 y así continuaron hasta invierno de 2011; dichas anomalías regresan a valores neutrales en abril del mismo año (ver fig. 10 de Borkstedt et al., 2011). En la capa de mezcla las anomalías se mantuvieron negativas en 2011 pero de menor magnitud que las registradas en verano-otoño 2010 (ver fig. 10 de Borkstedt et al., 2012). La disminución de la salinidad en 2010-2011 fue de mayor magnitud que la registrada durante 2002-2003 cuando se presentó el evento de intrusión de agua subártica en la Corriente de California (CC) (Bjorkstedt et al., 2011, 2012).

En correspondencia al enfriamiento, la clorofila a mostró anomalías positivas desde julio de 2010 hasta finales de 2011 y en enero del 2012 se registró una disminución (Bjorkstedt, et al., 2012).

Durante 2010 los volúmenes de zooplancton desplazado fueron relativamente altos, y persistió un dominio del zooplancton gelatinoso a lo largo del 2011 especialmente de los tunicados; la densidad de crustáceos que había presentado un aumento mostró una disminución durante el 2011 y principios del 2012 (Bjorkstedt, et al., 2011,2012).

1.5. Antecedentes

El conocimiento de los anfípodos hipéridos ha avanzado lentamente. La clave taxonómica que reúne a las especies del océano mundial se publicó en ruso en 1982 y no fue traducida al inglés sino hasta catorce años después (Vinogradov et al., 1996). Esta obra describe algunos aspectos de la biología y ecología del suborden Hyperiidea y una clave diagnóstica.

En el SCC el estudio de los anfípodos se limitó a registros de especies de muestreos esporádicos hasta la primera mitad del siglo XX. Dentro de los estudios clásicos de carácter taxonómico se destacan los de Bowman (1960, 1973, 1978) donde describe la taxonomía de algunas especies de anfípodos asignadas dentro de los géneros *Themisto* (= *Parathemisto*), *Hyperia* y *Primno*. Bowman y Gruner (1973) presentaron una sinopsis y claves diagnósticas de todos los géneros del suborden Hyperiidea. Brusca (1981) reúne la información de todos los registros de especies del Golfo de Alaska y la Corriente de California y elaboró una clave ilustrada de los anfípodos hipéridos del Pacífico noreste.

En el SCC, los estudios ecológicos de la comunidad de anfípodos son escasos. Se destacan los realizados por Brusca (1967a,b) en aguas del Sur de California donde describió la composición, distribución vertical y la variación estacional de los anfípodos. Este autor encontró que las mayores abundancias de algunas especies como *Platyscelus serratulus*, *Streetsia challengerii* y *Lestrigonus bengalensis* se registraron en aguas superficiales durante la noche sugiriendo la posibilidad de una migración vertical. Además, con el análisis del ciclo reproductivo, indicó que la mayor producción de huevos ocurrió en verano, mientras que en otoño se liberan los pequeños juveniles que continúan su desarrollo en primavera.

Lorz y Percy (1975) describieron la abundancia, distribución y ocurrencia estacional de los hipéridos en Oregon durante el periodo comprendido entre junio de 1963 a junio de 1967. Los autores registraron un total de 19 especies de las cuales 6 se consideraron comunes (*Themisto pacifica*, *Paraphronima gracilis*, *Streetsia challengerii*, *Tryphana malmi*, *Hyperia medusarum*, *Hyperoche medusarum*, y *Primno macropa*). Estos autores encontraron menores abundancias en las estaciones costeras en comparación con las oceánicas como una posible consecuencia del régimen de vientos que provocan las surgencias. Sin embargo, en la zona costera registraron las mayores abundancias en los años considerados cálidos.

Diebel (1988) utilizó especímenes vivos de *Phronima sedentaria* recolectados por buceo y realizó observaciones experimentales sobre algunos aspectos de la morfología, la fisiología y el comportamiento del anfípodo. Encontró algunas similitudes pero también diferencias en la estructura y función del intestino de *P. sedentaria* (p.ej. tiene un sistema digestivo reducido con dos crestas denticuladas para la masticación o trituración), en comparación con otros géneros como *Hyperia*, *Themisto* y *Lanceola*.

Lavaniegos y Ohman (1999) analizaron los cambios a largo plazo en abundancia y composición de los anfípodos frente al sur de California durante la época primaveral del periodo 1951-1998. Reportaron un total de 62 especies pero los valores mayores de abundancia, diversidad y equitabilidad ocurrieron en el periodo frío (1951-1972), dichos valores disminuyeron en el periodo de 1979-1998 considerado cálido. La abundancia de los anfípodos estuvo fuertemente correlacionada con la abundancia de organismos gelatinosos con los que se encuentran asociados como hospederos.

En un estudio realizado frente a las costas de Oregon Reese et al., (2005) con muestras de zooplancton superficial (0-60 m) y analizaron los anfípodos así como otros grupos para conocer la composición de la comunidad, en relación a gradientes costa-oceano y norte-sur. Únicamente consideraron los organismos de mayor tamaño (> 5 mm) y reportaron que los anfípodos hipéridos fueron más abundantes que los gamáridos y caprélidos. Las especies más abundantes durante junio fueron *Lycaea*

pulex, *Vibilia australis*, *Themisto pacifica* e *Hyperoche medusarum*. La diversidad y abundancia disminuyó en agosto pero *Themisto pacifica* e *Hyperoche medusarum* continuaron como especies abundantes. Estos ensamblajes de especies se relacionaron con el conjunto de características oceanográficas (temperatura, salinidad, concentración de clorofila, aporte de agua dulce y transporte de agua) y con las surgencias en la zona las cuales son leves en junio y fuertes en agosto y encontraron que la temperatura superficial del mar es la variable que mejor explica la distribución de las especies.

La variación estacional de anfípodos hipéridos frente a Baja California fue analizada por Lavaniegos y Hereu (2009) así como la relación de la composición y abundancia de las especies con estructuras de mesoescala. Estos autores registraron 115 especies con alta variación estacional en sus abundancias (mínimas en enero y máximas en octubre). Los análisis basados en índices de similitud mostraron un grupo característico de especies asociadas al flujo principal de la Corriente de California (*Vibilia armata*, *Eupronoe minuta* y *Primno brevidens*) y que existe una identidad faunística en algunas de las estructuras de mesoescala. Reportaron alta correlación entre las abundancias de hipéridos y de salpas.

Recientemente, Lavaniegos (2014) analizó el ensamble de anfípodos frente a la costa occidental de Baja California en busca de evidencias de la intrusión de Agua Subártica y de El Niño durante julio de 2002. Se reportó para el primer caso la distribución extendida hacia el sur de la corriente (cerca de 27°N) de *Themisto pacifica*, una especie de afinidad de aguas frías y que se encuentra distribuida ampliamente en el Pacífico subártico y en el SCC preferentemente al norte de Punta Concepción (35°N). En el segundo caso, la abundancia total y la composición de especies típicas de la Corriente de California indicaron mezcla de Agua Subártica y Subtropical.

En las regiones adyacentes al SCC se han realizado algunos estudios. Al este del SCC se encuentra el Giro Central del Pacífico norte donde según Shulenberger (1977, 1978, 1982) los anfípodos son el quinto grupo en importancia al representar del 5 al 7% de la comunidad total. En relación a la composición, de un total de 83 especies, *Hyperitta*

vosseleri y *Primno latreillei* fueron las más abundantes. Así mismo, en relación a la migración vertical, la mayoría de los anfípodos tiende a permanecer en los primeros 100 m de profundidad, concentrándose las mayores abundancias entre 50 a 75 m durante el día y ascienden en la noche.

Para la región del golfo de California, Siegel-Causey (1982) utilizó los cruceros CALCOFI de 1956 y 1957, y encontró que las especies más abundantes durante todo el año fueron *Lestrigonus bengalensis*, *Primno brevidens*, *Lestrigonus shoemakeri* y *Vibilia armata*. Además de esto, el autor determinó que la distribución de las especies de anfípodos se encuentra relacionada con las características hidrográficas propias del lugar, especialmente con la salinidad como variable ambiental que explica los patrones de abundancia encontrados en el estudio y establece correlaciones positivas de los anfípodos con la presencia de organismos gelatinosos.

En el Pacífico tropical frente a las costas de Jalisco, México, en el estudio realizado por Gasca et al., (2012) se analizó la variabilidad interanual de la comunidad de hipéridos durante El Niño 1997-1998 a partir de muestras recolectadas entre diciembre de 1995 y diciembre de 1998. Reportaron 80 especies que se distribuyeron en dos periodos climáticos: el primero con influencia de agua fría proveniente de la Corriente de California en el cual se registraron la mayor riqueza, diversidad y uniformidad de especies pero bajas abundancias; mientras que en el segundo periodo hubo influencia de agua cálida proveniente de la Contracorriente Norecuatorial. En este último, se evidenció la dominancia de las especies *Hyperioides sibaginis* y *Lestrigonus bengalensis*. Estos autores concluyeron que durante El Niño se favorece el aumento de especies de aguas cálidas, lo que genera una mayor abundancia y diversidad de especies pero también se favorece la dominancia de unas pocas.

Posteriormente, Valencia et al., (2013) analizaron variabilidad en el ensamble de anfípodos hipéridos con base en diferencias estacionales (época seca y de lluvias) y espaciales (zona nerítica y oceánica) en la Ensenada de Panamá durante el periodo de 2007 a 2008. De 70 especies reportadas, las más abundantes fueron *Hyperioides sibaginis* y *Lestrigonus bengalensis*. Especialmente, el cambio en la estructura de la

comunidad se evidenció durante la época de lluvias, que produce una disminución de la salinidad en la zona nerítica y se reflejó en la baja diversidad de especies y alta dominancia de *H. sibaginis*. Al igual que en otros estudios reportan una alta correlación entre la abundancia de los hipéridos y la de organismos gelatinosos.

1.6. Justificación

En la dinámica del ecosistema pelágico se conoce la importancia del zooplancton en la transferencia de materia y energía. Los anfípodos hipéridos, al ser el tercer grupo de crustáceos más abundante después de los copépodos y eufáusidos (Bowman & Gruner, 1973) y al formar agregaciones constituyen una importante fuente de alimento para diversas especies de peces y otros vertebrados en la región oceánica (Armstrong et al., 2005; Collins et al., 2008; Dalpadado et al., 2001); dicha situación también ha sido documentada en estudios recientes en zonas tropicales y subtropicales (Mostarda et al., 2007; Repelin, 1978; Satoh, 2004).

La alta diversidad de estos crustáceos y su rápida respuesta a los cambios en las condiciones climáticas de gran escala como son los eventos El Niño y La Niña (Gasca et al., 2012; Lavaniegos & Ohman, 1999) y la circulación de mesoescala (Gasca & Suarez-Morales, 2004; Gasca, 2003, 2004; Lavaniegos & Hereu, 2009) los posiciona como especies bioindicadoras.

Teniendo en cuenta lo anterior, la realización de un estudio que describa la variación estacional de los anfípodos hipéridos en una región subtropical del SCC con alta influencia de especies tropicales como la que se localiza entre Punta Eugenia y Punta Abreojos (Lavaniegos et al., 2010), es excelente para analizar los efectos de La Niña 2010-2011 (Bjorkstedt, et al., 2012).

1.7. Hipótesis

Al considerar la variación estacional y las condiciones de baja temperatura debido a La Niña 2010-2011, se espera observar durante 2011 que las especies templadas y subtropicales de hipéridos tendrán una mayor presencia y abundancia en la zona de estudio que aquellas especies consideradas tropicales.

1.8. Objetivos

1.8.1 Objetivo General

Caracterizar la variación estacional de los anfípodos hipéridos en la zona frente a Punta Eugenia- Punta Abreojos, Baja California durante un año frío (2011).

1.8.2 Objetivos Específicos

- Analizar las condiciones oceanográficas de la zona de estudio durante el año 2011.
- Describir la composición taxonómica de anfípodos hipéridos presentes en el área de estudio.
- Relacionar la variabilidad en la composición y abundancia de las especies de anfípodos hipéridos con las variables ambientales.
- Comparar la variación en la composición y abundancia de los anfípodos hipéridos encontrada durante el año 2011 y año “típico” (2005).

2. Materiales y métodos

2.1. Zona de estudio

Punta Eugenia, Baja California Sur (28°N) es considerada la mayor prominencia costera del SCC (Durazo et al., 2010) y una zona de transición oceanográfica (Durazo & Baumgartner, 2002) donde se presenta el límite de separación del mismo en dos provincias: La región norte y la región sur.

En esta región interactúan la parte sureña de la Corriente de California (CC) y la corriente Norecuatorial (NEC) a escala global, (Parés-Sierra et al., 1997). La región sur se caracteriza por la alternancia entre el dominio de agua subártica durante invierno y primavera, y de origen tropical y subtropical, durante verano y otoño (Durazo et al., 2010); esto es indicativo de la posible formación de un frente (Jerónimo & Gómez-Valdés, 2006). En esta región las surgencias costeras ocurren principalmente durante primavera y verano (Durazo et al., 2010).

En este sector se presenta una actividad intensa de mesoescala (Kurczyn et al., 2012), al oeste de Punta Eugenia. Durante el verano, otoño e invierno se observa la formación de remolinos principalmente ciclónicos como resultado de la interacción entre geomorfología de la zona y la Contracorriente Subsuperficial que fluye hacia el polo (Soto-Mardones et al., 2004). La productividad expresada como clorofila *a* de esta zona se encuentra estrechamente relacionada con los fenómenos de mesoescala (Almazán-Becerril et al., 2012) pero principalmente a las surgencias costeras y su variabilidad estacional, por lo que las concentraciones más bajas corresponden a los meses de otoño e invierno y las más altas a primavera y verano (Gaxiola-Castro et al., 2010).

2.2. Fase de campo

Las muestras de zooplancton y datos hidrográficos se obtuvieron a partir de cuatro campañas oceanográficas del programa IMECOCAL (Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California) realizadas en 2011 durante enero, abril, julio y octubre (1101, 1104, 1107 y 1110 respectivamente) a bordo del buque oceanográfico *Francisco de Ulloa*. Se seleccionaron las líneas 123, 127 y 130 que cubren la zona de estudio; de cada conjunto de líneas se seleccionaron 9 estaciones consideradas oceánicas (profundidad mayor a 200 m) por crucero (excepto en el crucero 1101 en el que fueron 8) (Figura 3).

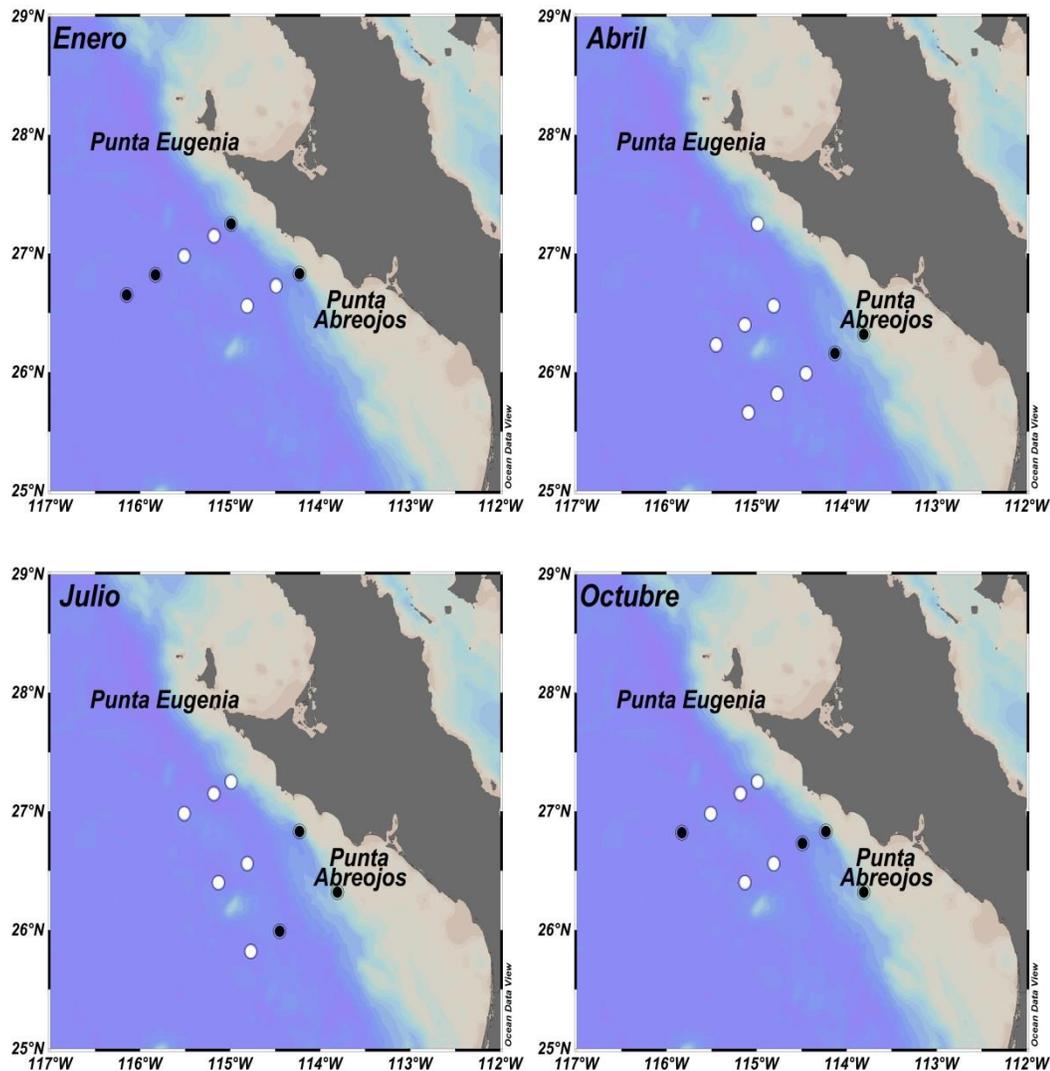


Figura 3. Líneas y estaciones de muestreo. Los puntos blancos corresponden a estaciones diurnas y los negros a estaciones nocturnas. El área sombreada indica profundidades < 200 m.

Las muestras de zooplancton en cada estación se recolectaron mediante arrastres oblicuos desde 200 m a la superficie, a una velocidad promedio de 2 nudos, con una red bongo de 500 μm de luz de malla y 71 cm de diámetro de boca. El volumen de agua filtrado se determinó a partir del flujómetro digital General Oceanics colocado en la boca de la red. Las muestras fueron preservadas en formaldehído al 4% neutralizado con borato de sodio (Smith & Richardson, 1977).

La obtención de datos hidrográficos en cada estación se realizó mediante lances con CTD/Roseta provisto de sensores para determinar conductividad, temperatura, oxígeno disuelto y presión, hasta una profundidad de 1000 m o lo que permitió la profundidad del fondo. El análisis de clorofila *a* se realizó mediante la colecta de muestras de agua a profundidades estándar (0, 10, 20, 50, 100, 150 y 200 m) con botellas Niskin. El agua colectada se filtró a través de filtros GF/F, los cuales se congelaron para su análisis posterior (Gaxiola-Castro et al., 2010).

2.3. Fase de laboratorio

Se analizaron un total de 35 muestras de zooplancton. Se separó la totalidad de anfípodos y, se realizó su identificación a especie o género. La identificación de los organismos se realizó bajo observación en microscopio estereoscópico utilizando las claves taxonómicas de Bowman (1973), Brusca (1981) y Vinogradov et al., (1996).

La clorofila-*a* fue extraída de los filtros al sumergirlos en una solución de acetona al 90% durante 24 h y 4°C (Venrick & Hayward, 1984). Posteriormente, para la medición (utilizando fluorímetro Turner Designs) y el cálculo de la concentración en mg/m^3 se empleó el método descrito y la ecuación propuesta por Holm Hansen et al., (1965) y Yentsch & Menzel, (1963).

2.4. Fase de análisis

2.4.1 Condiciones ambientales

La descripción de la temperatura y salinidad se realizó mediante perfiles verticales promedio desde la superficie hasta 350 m de profundidad. Adicionalmente, se elaboraron diagramas T-S para establecer la variación de las masas de agua, usando los valores obtenidos cada metro, y se calculó el perfil promedio (15 años) a profundidades estándar del conjunto de las estaciones muestreadas. Esta información fue procesada mediante el uso del software Ocean Data View versión 4.6 (Schlitzer, 2013). Adicionalmente, se estimaron anomalías de temperatura y salinidad con base en los promedios del periodo de 1997-2011 a las profundidades de 10, 30, 50 y 200 m.

Para la determinación de las correlaciones entre las variables biológicas y ambientales se utilizaron los datos para cada estación a 10, 30, 50 y 200 m de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, y se calculó la clorofila integrada (mg/m^2) con los datos de profundidades estándar. La biomasa de zooplancton ($\mu\text{L/m}^3$) se obtuvo mediante la técnica de volumen desplazado (Smith & Richardson, 1977).

Se consideró como la profundidad de la capa de mezcla (PCM) el valor en el cual se obtuvo una diferencia de $0.5\text{ }^\circ\text{C}$ ($\Delta = 0.5^\circ\text{C}$) al tomar como referencia el valor a 10 m de profundidad. El parámetro de estratificación se obtuvo a partir de la ecuación propuesta por Simpson & Hunter (1974) definido como:

$$\Phi = \frac{1}{h} \int_{-100}^0 (\bar{\rho} - \rho) g z dz \quad (1)$$

Donde,

$\bar{\rho}$ = densidad media en el intervalo 0-100m

ρ = densidad in situ del agua

h = profundidad de integración (100 m)

g = aceleración de la gravedad

z = coordenada vertical (positiva hacia arriba)

2.4.2. Estructura de la comunidad

La abundancia de anfípodos hipéridos obtenidos de las muestras se estandarizó por volumen de agua filtrada a individuos por 1000 m³. Para caracterizar la composición de las especies se consideró la presencia de los organismos en las muestras así como su abundancia. Se calcularon los índices de diversidad de Shannon ($H' \log_e$) y dominancia de Simpson (D).

Para la determinación de la similitud de la comunidad entre estaciones y periodos de muestreo, se utilizaron matrices de abundancia con base en el índice de Bray-Curtis para la base de datos completa (35 x 63). Este índice se calcula mediante la expresión:

$$S_{jk} = 100 \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \quad (2)$$

Donde,

jk = estaciones oceanográficas j y k que se comparan

i = i -ésima especie

p = número total de especies

y_{ij} = abundancia de la especie i en la estación j

y_{ik} = abundancia de la especie i en la estación k

Con base en este índice se construyeron dendogramas para realizar un análisis de clasificación (conglomerados) por promedio de grupos y se aplicó la prueba de similitud SIMPROF, que consiste en una serie de perfiles de similitud a partir de pruebas de permutación y adicionalmente, se realizó un análisis no métrico dimensional (nMDS). Para la realización de estas rutinas los datos fueron transformados previamente a $\log x+1$ con el fin de homogenizar la contribución de especies comunes y raras en los análisis (Clarke & Warwick, 2001). Una vez obtenidos los grupos se determinó cuales especies contribuyeron a la similitud dentro de los mismos al emplear la rutina SIMPER (“*similarity percentages*”).

Para evaluar la asociación entre las especies y las variables ambientales se utilizó el método BIO-ENV a partir de la matriz de similitud de especies obtenida anteriormente y una segunda matriz para las variables ambientales cuya similitud se basó en la distancia euclidiana. Dichas variables fueron previamente sometidas a un gráfico de dispersión de puntos (draftsman plot) y aquellas que presentaron concentración de puntos en un extremo de los gráficos fueron transformadas a logaritmos para lograr mayor simetría. Para la correlación de matrices se utilizó el coeficiente de correlación de Spermán (ρ_S) (Clarke & Warwick, 2001). Una vez obtenido el conjunto de variables que mejor explican la estructura de la comunidad, se superpusieron los valores de las mismas dibujando círculos de diferente tamaño sobre el nMDS original y así obtener una distribución que permita la comparación con el ordenamiento de la comunidad (Clarke & Warwick, 2001).

Debido a que los datos de abundancia no presentaron una distribución normal, las diferencias entre las especies de los años 2005 y 2011 se evaluaron por medio del método no paramétrico Kruskal-Wallis, y la variación estacional de las especies comunes entre estos años por medio del método Mann-Whitney.

3. Resultados

3.1. Condiciones ambientales

3.1.1. Circulación y estructura termohalina

La circulación superficial derivada de la altura dinámica mostró un flujo de la Corriente de California en dirección norte-sur durante 2011. Los gradientes de altura dinámica (Figura 4) muestran que el flujo fue más intenso en primavera y verano al norte de Punta Eugenia, sin diferencias notables al sur de la localidad. Invierno mostró la menor cantidad de estructuras de mesoscala, y en el otoño se observó un retorno desde el sur asociado a ingreso de agua de origen subtropical

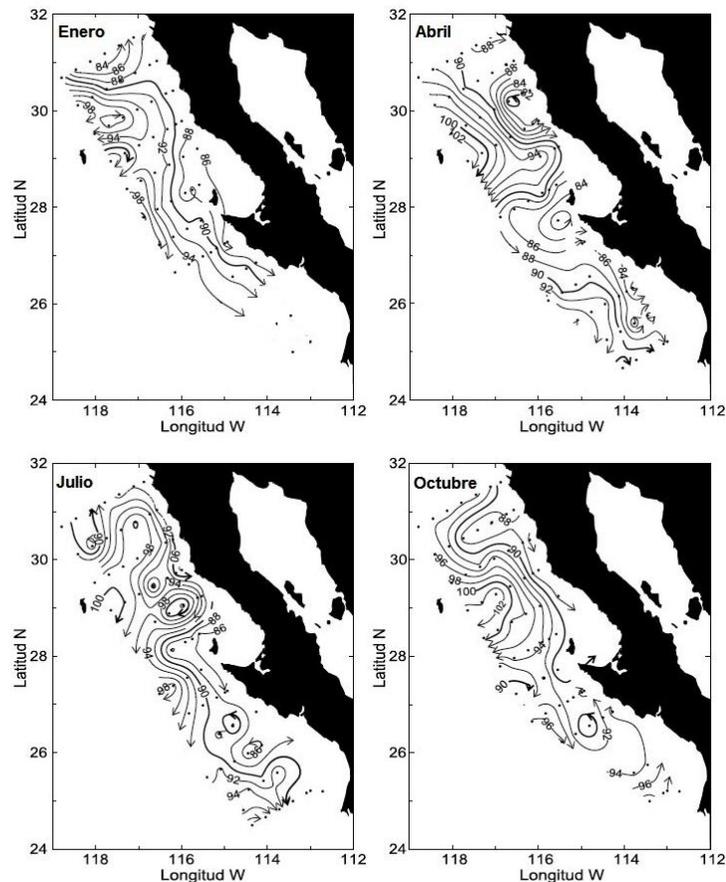


Figura 4. Contornos de la altura dinámica de la superficie del mar relativos a 500m de profundidad. El intervalo de contorno es de 2cm dinámicos. Las flechas indican la dirección de la corriente.

La temperatura a 10 m de profundidad fue muy similar de enero a julio con un promedio de 16 a 17 °C y en octubre se incrementó 3 °C. No obstante, por debajo de los 50 m la temperatura disminuye hasta 14 °C por lo que en octubre se presenta una termoclina muy marcada. Además la variabilidad en la temperatura entre los 100 y 200 m fue mayor en octubre (10.6-11.9 °C) comparado con los tres primeros meses. (Figura 5).

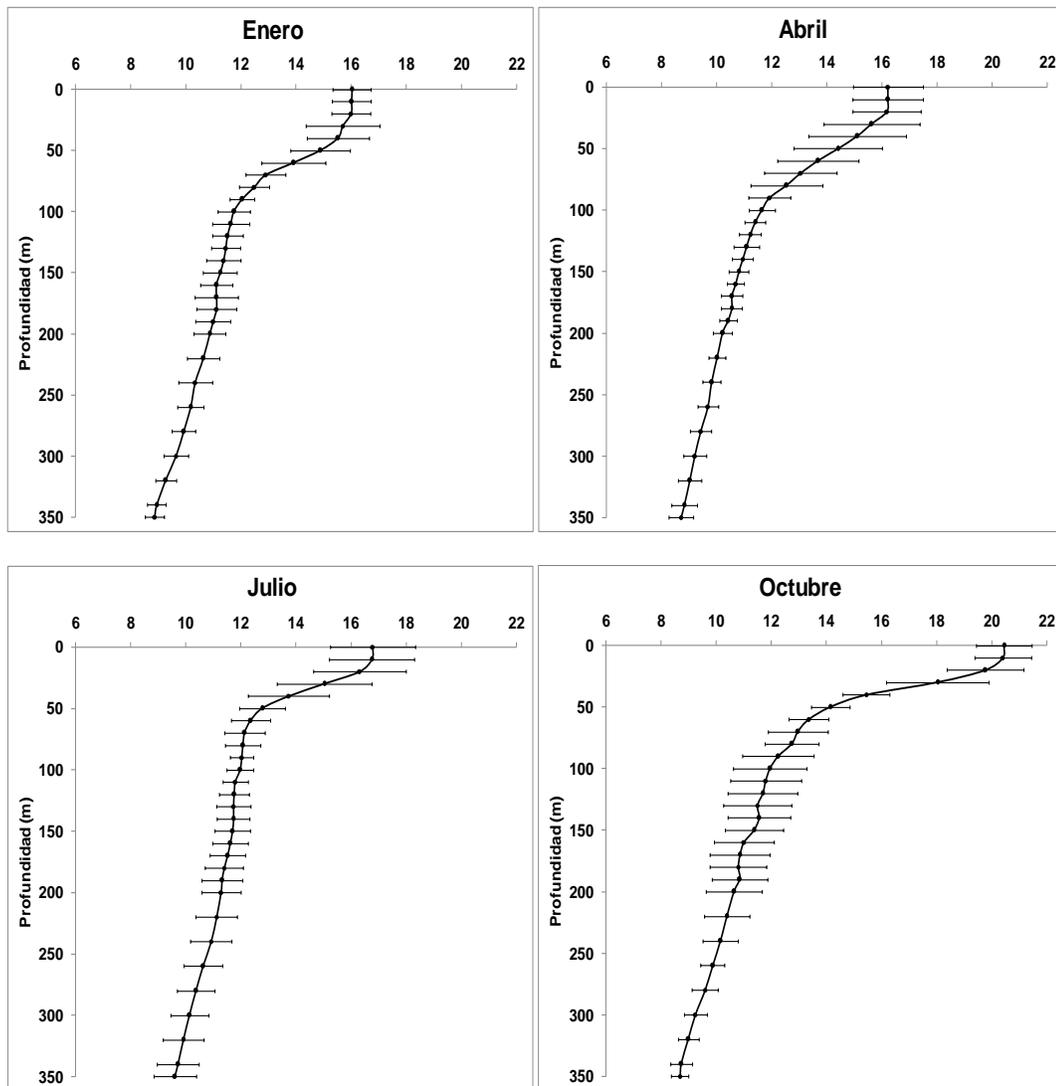


Figura 5. Promedio y desviación estándar de la distribución vertical de temperatura (°C) en la zona de estudio.

Los perfiles verticales de salinidad también fueron similares en los meses de enero, abril y julio, al presentar una estructura de dos capas: una superior de baja salinidad (33.3 a 33.7) delimitada por la haloclina que se localizó a partir de los 40 m de

profundidad y la segunda donde los valores de salinidad aumentan progresivamente hasta alcanzar 34.5 alrededor de 170 m (Figura 6).

En contraste, en octubre se observó un rango de valores más alto (33.5-33.8) y una estructura en tres capas debido a la presencia de agua más salina (33.8-34.0) en los primeros 30 m, a partir de los cuales se observa una capa donde la salinidad disminuye hasta 70 m y nuevamente vuelve a aumentar hasta 200 m aproximadamente. Al igual que con la temperatura, la salinidad presentó una mayor variabilidad en octubre a lo largo de la columna de agua en comparación con los meses anteriores (Figura 6).

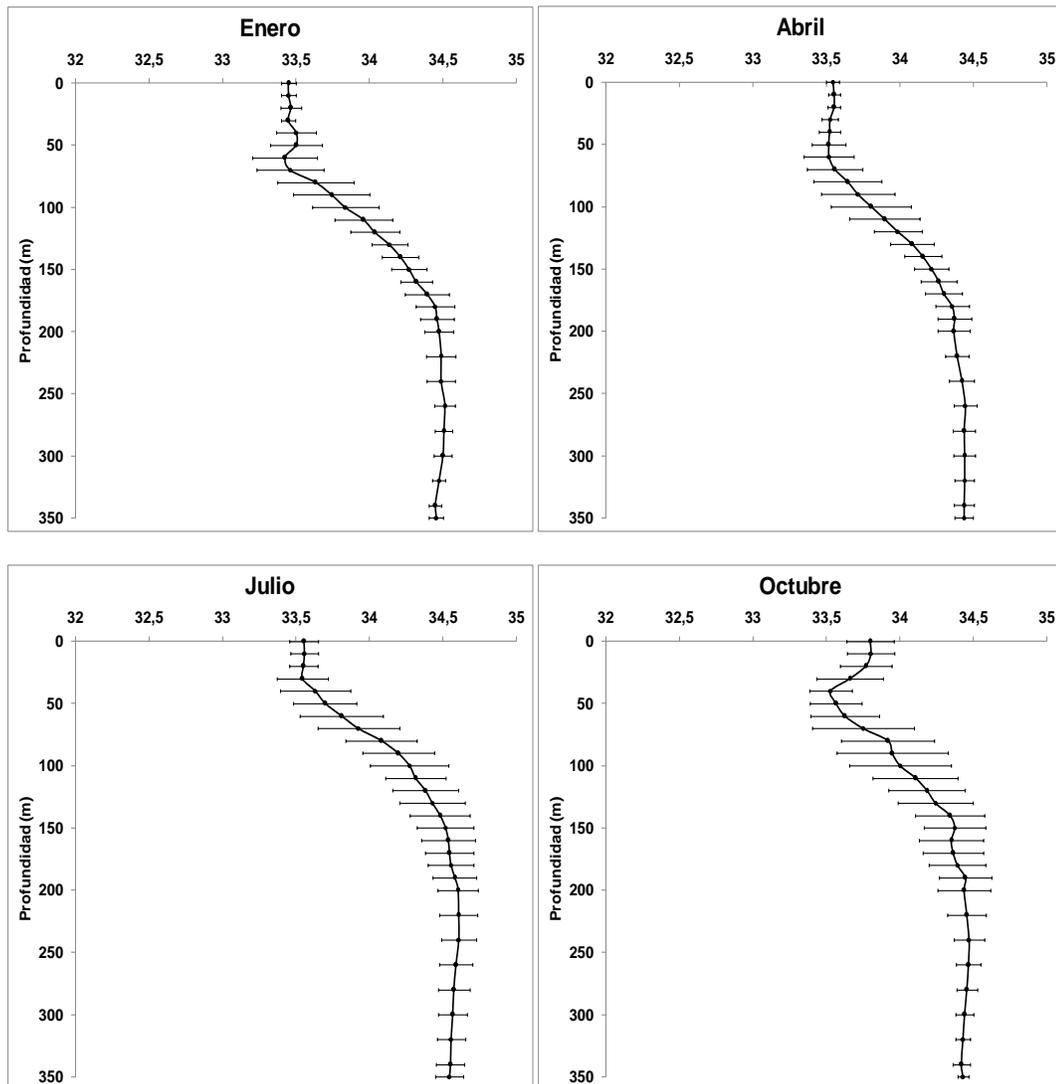


Figura 6. Promedio y desviación estándar de la distribución vertical de salinidad en la zona de estudio.

Para la zona de estudio la capa de mezcla fue más profunda en invierno, con 30 m cerca de la costa y 40-50 m en la zona oceánica. El resto del año dicha capa fue más somera con medias de 33, 22.3 y 25.6 m para primavera verano y otoño respectivamente (Figura 7).

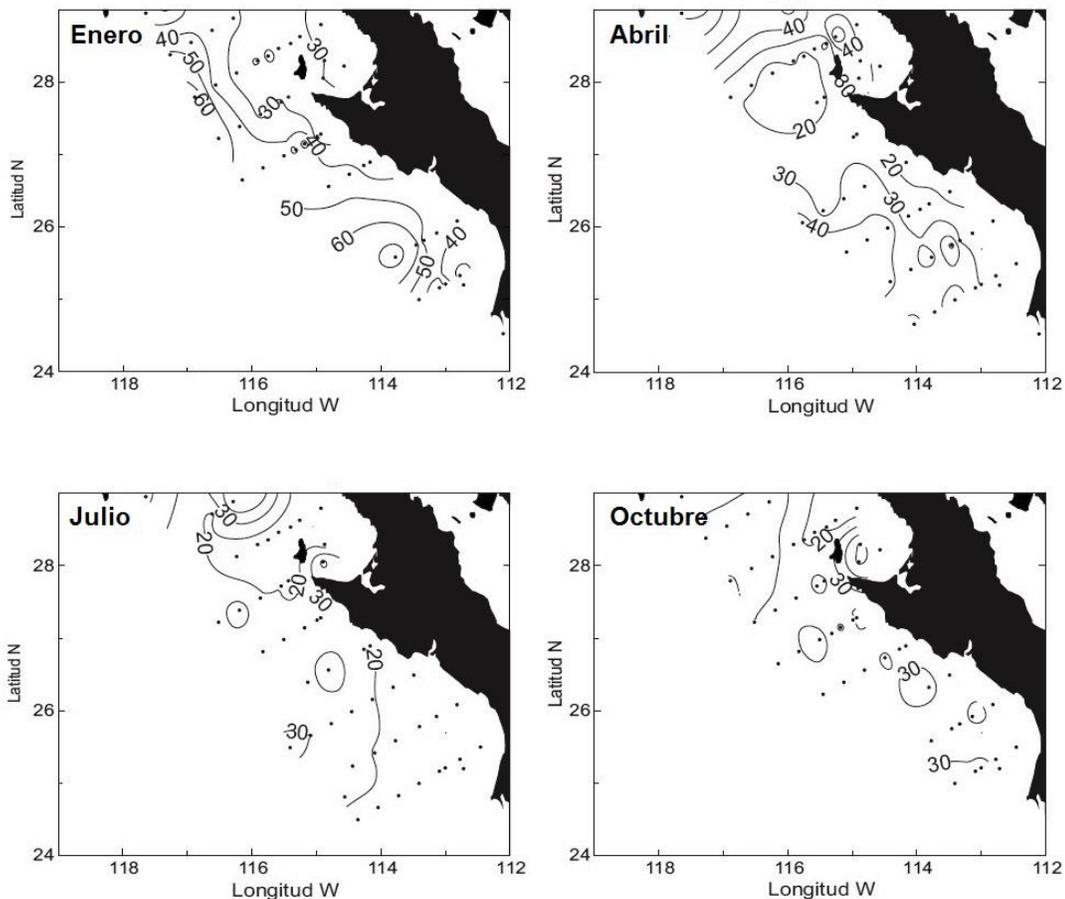


Figura 7. Profundidad de la capa de mezcla (m) durante las temporadas de invierno (enero), primavera (abril), verano (julio) y otoño (octubre) de 2011.

Las condiciones descritas en los primeros 350 m para los meses de enero, abril y julio en conjunto indicaron la influencia de dos masas de agua: la primera localizada en los primeros 150 m corresponde a Agua Subártica (ASA), con rangos de temperatura de 8 a 21 °C y salinidad de 33 a 34 y la segunda, al Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESs) con temperatura de 8 a 15 °C y salinidad de 34.3 a 35.0, localizada por debajo de los 150 m.

En el mes de octubre se destaca mayor mezcla y formación de aguas transicionales así como influencia del Agua Subtropical Superficial (ASTS), la cual es característica del giro

subtropical. Dicha masa de agua presenta altos valores de temperatura (20 a 28 °C) y Salinidad (34.4 a 35) (Figura 8).

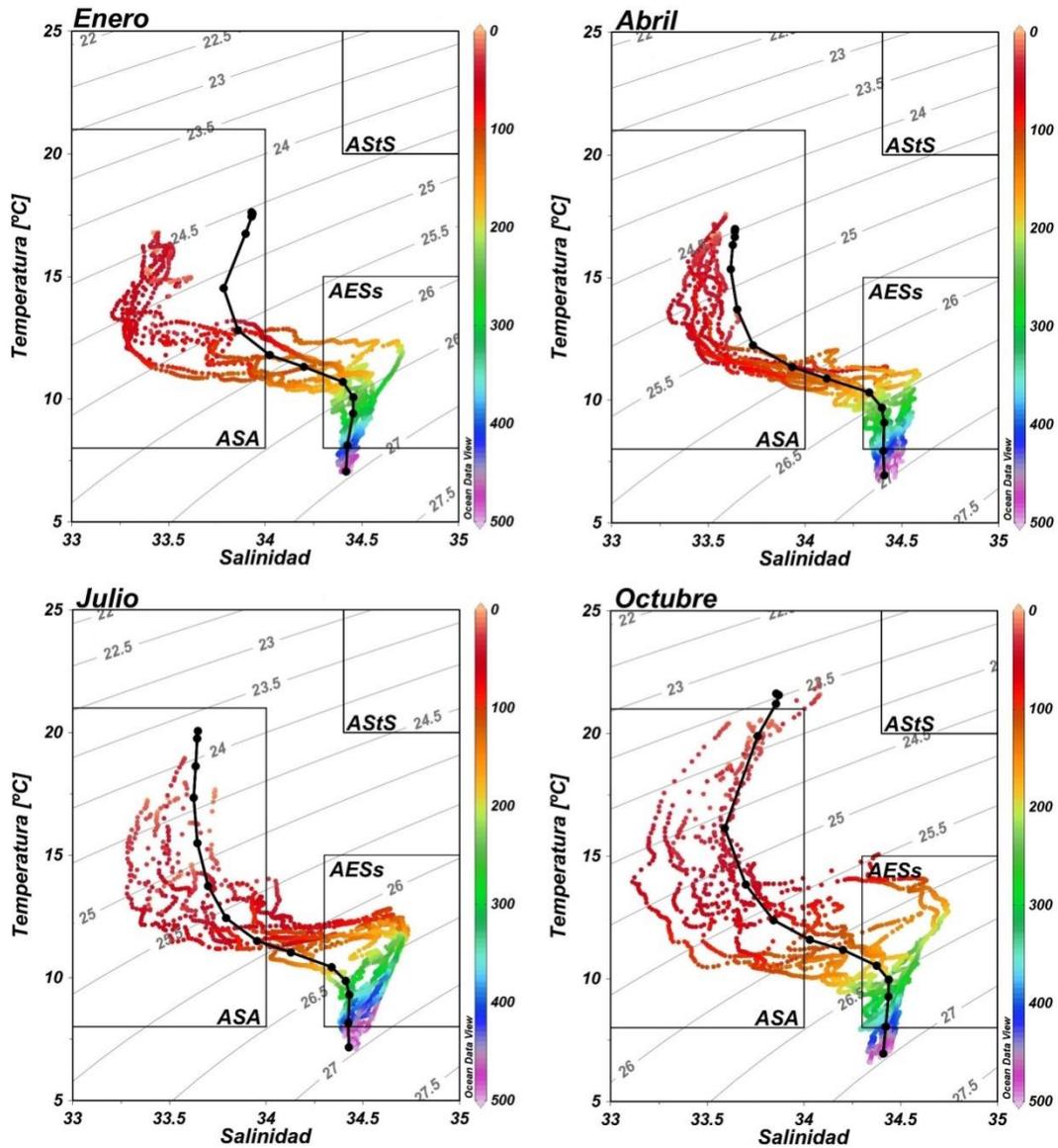


Figura 8. Diagramas T-S estacionales que indican los límites de las masas de agua presentes en la zona de estudio (Durazo & Baumgartner, 2002): Agua Subártica (ASA), Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESs) y Agua Subtropical Superficial (ASStS). La línea negra indica el perfil promedio (15 años) a profundidades estándar. Los colores indican la profundidad en metros.

3.1.2. Anomalías termohalinas

Las anomalías de temperatura en los primeros 501 m, calculadas con base en los promedios de 1997-2011 mostraron periodos cálidos con anomalías positivas altas (3-4 °C) asociadas a El Niño 1997-1998 y durante El Niño 2009-2010 fueron más notables a 10 y 30 m de profundidad aunque de menor magnitud (1-2.5 °C).

En contraste, las anomalías negativas estuvieron asociadas a eventos La Niña como el ocurrido en 1998-2000. No obstante dichas anomalías presentaron aún mayor magnitud (-2 a -3 °C) durante La Niña 2010-2011, por lo que pueden considerarse los años más fríos del periodo 1997-2011. En 2002-2003 se registró una intrusión de agua subártica en la Corriente de California (Durazo et al., 2005; Venrick et al., 2003) pero en la región de estudio sólo se registraron anomalías negativas de temperatura de cierta consideración a 10 m de profundidad, probablemente debido a un efecto combinado con El Niño 2002-2003.

En el caso de la salinidad superficial, las anomalías positivas muestran coherencia con los eventos cálidos y se resalta el periodo 2002-2006 de anomalías negativas asociadas al evento de intrusión de agua subártica. Los valores negativos desde mediados de 2010 y 2011 coinciden con el evento La Niña que se comenzó a desarrollar en este periodo y alcanzaron en enero 2011 la mayor anomalía negativa (-0.45 en los primeros 30 m) por influencia del ASA (Figura 9).

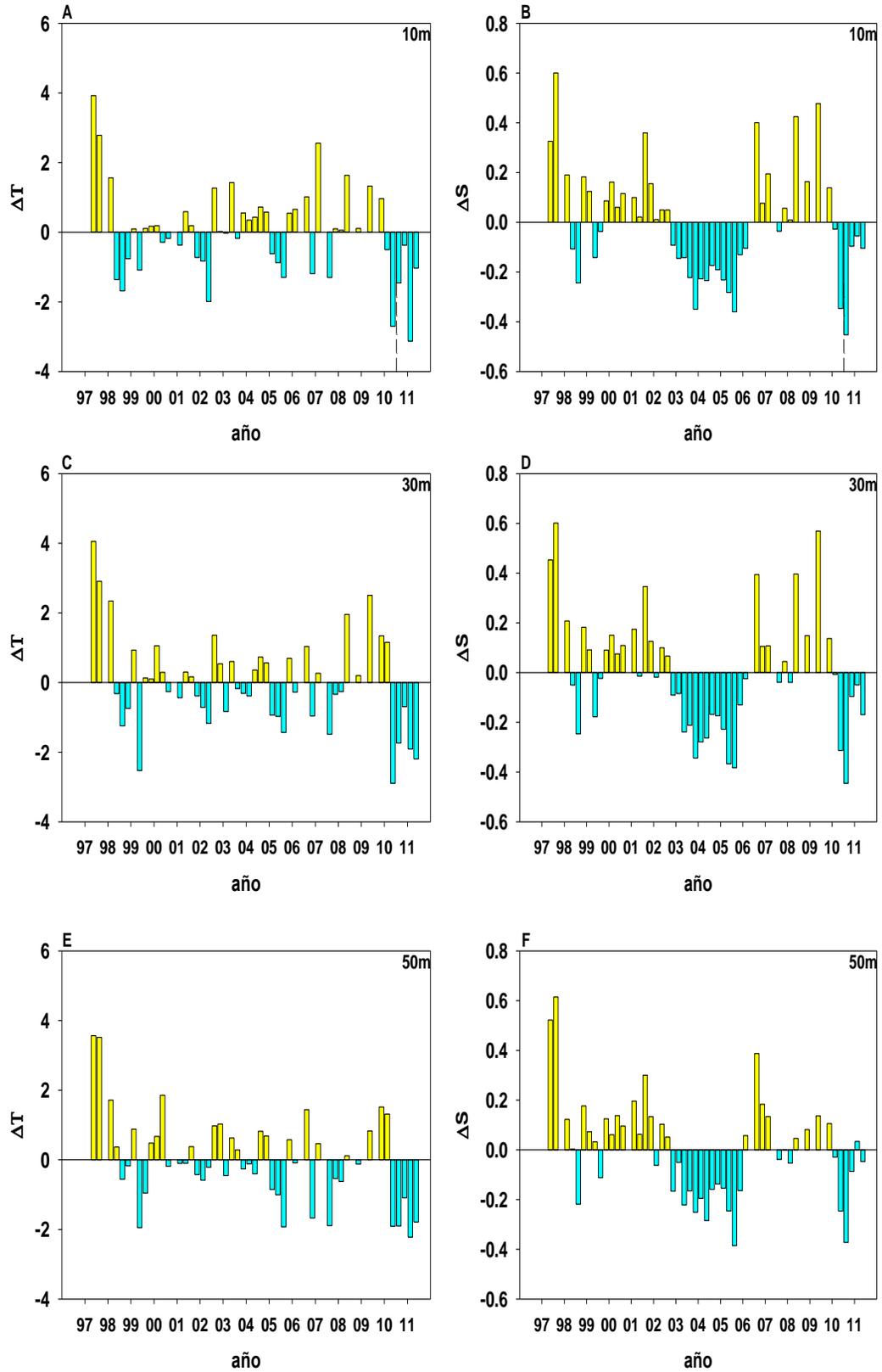


Figura 9. Anomalías de temperatura (A, C, E) y salinidad (B, D F) calculadas a profundidades de 10 m (A, B) ,30 m (C, D) y 50 m (E, F) en la zona de estudio con base en el Periodo 1997-2011.

En aguas de mayor profundidad (200 m), la magnitud de las anomalías disminuye considerablemente. Se resalta la conservación de valores negativos hasta mediados del 2010 que se tornan positivos subsuperficialmente para el 2011, lo que indica una relajación del evento La Niña (Figura 10A).

La salinidad mostró un comportamiento inverso respecto a lo observado en el estrato superior durante la fase de influencia de la intrusión de agua subártica entre 2002 y 2006 (Fig. 8 B, D, F). Esta misma situación se repitió en 2011, lo cual indica una mayor estratificación salina en dichos años (Figura 10B).

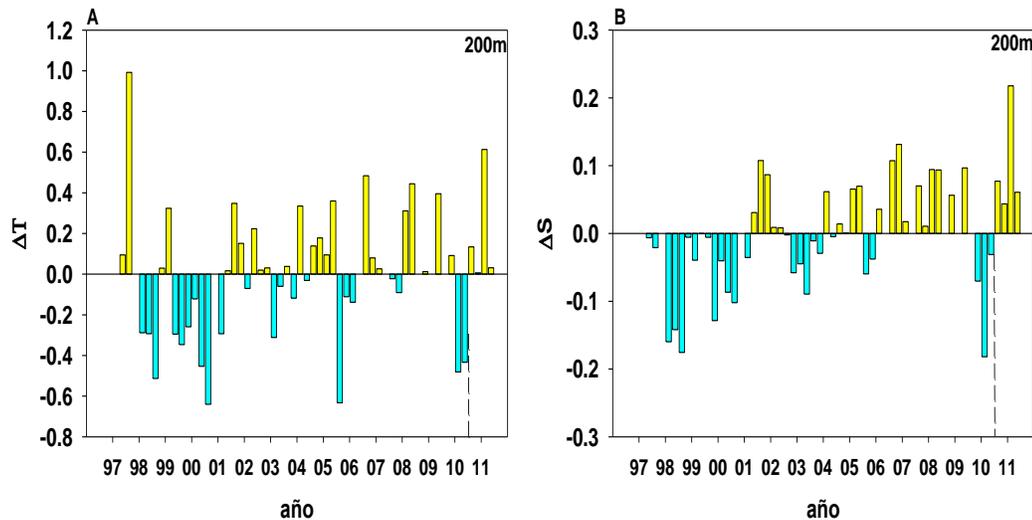


Figura 10. Anomalías de temperatura (A) y salinidad (B) calculadas a 200 m de profundidad en la zona de estudio con base en el Periodo 1997-2011.

3.2. Comunidad de anfípodos

Se encontraron 63 especies durante el estudio (Tabla 1) cuya presencia varió estacionalmente. El mayor número se presentó en octubre (54) y el menor (17) en enero. A lo largo del estudio *Eupronoe minuta*, *Primno brevidens* y *Lestrignonus schizogeneios* se constituyeron como las especies más comunes, *Simorhynchotus antennarius* también fue muy común con excepción de enero 2011 que sólo se registró en dos muestras. En contraste, algunas especies como *Hyperietta vosseleri*, *Scina similis* y *Eupronoe maculata* entre otras, se consideraron como especies raras ya que estuvieron presentes en una sola estación.

Tabla 1. Especies encontradas en la zona de estudio. Los números indican las estaciones en que se registraron con respecto al total que se señala en paréntesis.

Especies	Enero (8)	Abril (9)	Julio (9)	Octubre (9)
Infraorden Physosomata				
Familia Scinidae				
<i>Scina borealis</i> (Sars, 1882)	0	0	0	2
<i>Scina similis</i> Stebbing, 1895	0	0	0	1
<i>Scina tullbergi</i> (Bovallius, 1885)	0	5	4	8
<i>Scina</i> spp.	5	2	0	0
Infraorden Physocephalata				
Familia Vibiliidae				
<i>Vibilia armata</i> Bovallius, 1887	4	5	4	5
<i>Vibilia australis</i> Stebbing, 1888	0	0	1	3
<i>Vibilia chuni</i> Behning & Woltereck, 1912	0	1	1	2
<i>Vibilia propinqua</i> Stebbing, 1888	0	0	0	2
<i>Vibilia stebbingi</i> Behning & Woltereck, 1912	1	0	0	7
<i>Vibilia</i> spp.	0	4	2	5
Familia Paraphronimidae				
<i>Paraphronima crassipes</i> Claus, 1879	0	0	0	2
<i>Paraphronima gracilis</i> Claus, 1879	2	6	7	8
<i>Paraphronima</i> spp.	1	0	1	1
Familia Phronimidae				
<i>Phronima atlantica</i> Guérin-Méneville, 1836	0	5	1	6
<i>Phronima colleti</i> Bovallius, 1887	0	0	1	1
<i>Phronima curvipes</i> Vosseler, 1901	0	0	0	2
<i>Phronima pacifica</i> Strets, 1877	0	0	0	2
<i>Phronima sedentaria</i> (Forskål, 1775)	4	3	3	5
<i>Phronima solitaria</i> Guérin-Méneville, 1836	0	1	0	0
<i>Phronima stebbingi</i> Vosseler, 1901 /	0	1	2	7
<i>Phronima dunbari</i> Shih, 1991				
<i>Phronima</i> spp.	1	5	1	5
<i>Phronimella elongata</i> (Claus, 1862)	0	0	0	2
Familia Hyperiididae				
<i>Hyperoche medusarum</i> (Krøyer, 1838)	0	7	8	4
<i>Laxohyperia vespuliformes</i> Vinogradov & Volkov, 1982	0	1	1	8

Tabla 1 (Continuación)

Especies	Enero (8)	Abril (9)	Julio (9)	Octubre (9)
Familia Phrosinidae				
<i>Anchylomera blossevillei</i> Milne-Edwards, 1830	0	0	0	4
<i>Phrosina semilunata</i> Risso, 1822	1	6	3	4
<i>Primno brevidens</i> Bowman, 1978	7	9	9	9
Familia Lestrigonidae				
<i>Hyperietta luzoni</i> (Stebbing, 1888)	0	0	0	3
<i>Hyperietta parviceps</i> Bowman, 1973	0	1	0	0
<i>Hyperietta stebbingi</i> Bowman, 1973	0	0	1	4
<i>Hyperietta stephensi</i> Bowman, 1973	0	5	6	6
<i>Hyperietta vosseleri</i> (Stebbing, 1904)	1	0	0	0
<i>Hyperietta</i> spp.	0	1	1	0
<i>Hyperioides longipes</i> Chevreux, 1900	0	2	0	3
<i>Hyperioides sibaginis</i> (Stebbing, 1888)	0	0	1	7
<i>Lestrigonus bengalensis</i> Giles, 1887	0	0	0	9
<i>Lestrigonus schizogeneios</i> (Stebbing, 1888)	7	8	9	9
<i>Lestrigonus shoemakeri</i> Bowman, 1973	2	7	0	0
<i>Lestrigonus</i> spp.	3	9	9	9
<i>Phronimopsis spinifera</i> Claus, 1879	4	6	0	4
<i>Themistella fusca</i> (Dana, 1853)	0	0	2	4
Familia Lycaeopsidae				
<i>Lycaeopsis themistoides</i> Claus, 1879	1	3	3	5
<i>Lycaeopsis zambongae</i> (Stebbing, 1888)	0	0	0	2
<i>Lycaeopsis</i> spp.	1	0	0	1
Familia Pronoidea				
<i>Eupronoe maculata</i> Claus, 1879	0	1	0	0
<i>Eupronoe minuta</i> Claus, 1879	7	9	9	9
<i>Parapronoe cambelli</i> Stebbing, 1888	0	2	0	0
<i>Parapronoe crustulum</i> Claus, 1879	0	3	2	0
<i>Pronoe capito</i> Guérin-Méneville, 1836	0	4	2	3
Familia Lycaeidae				
<i>Lycaea nasuta</i> laus, 1879	0	0	0	2
<i>Lycaea pachypoda</i> (Claus, 1879)	2	0	0	0
<i>Lycaea Pauli</i> Stebbing, 1888	0	0	0	2
<i>Lycaea pulex</i> Marion, 1874	0	0	1	7
<i>Lycaea serrata</i> Claus, 1879	0	0	0	2
<i>Lycaea</i> spp.	0	0	0	3
<i>Simorhynchotus antennarius</i> (Claus, 1871)	2	9	9	9
Familia Tryphaneidae				
<i>Tryphana malmi</i> Boeck, 1870	4	4	3	8
Familia Brachyscelidae				
<i>Brachyscelus crusculum</i> Bate, 1861	0	2	0	3
<i>Brachyscelus globiceps</i> (Claus, 1879)	0	3	0	0
<i>Brachyscelus</i> spp.	0	0	1	0
Familia Platyscelidae				
<i>Platyscelus ovoides</i> (Risso, 1816) / <i>Platyscelus serratulus</i> Stebbing, 1888	3	3	6	7
<i>Tetrathyrus arafurae</i> Stebbing, 1888	0	0	0	3
<i>Tetrathyrus forcipatus</i> Claus, 1879	0	0	0	7
<i>Tetrathyrus</i> spp.	0	0	0	1

Tabla 1 (Continuación)

Especies	Enero (8)	Abril (9)	Julio (9)	Octubre (9)
Familia Oxycephalidae				
<i>Glossocephalus milneedwardsi</i> Bovallius, 1887	0	0	0	1
<i>Oxycephalus clausi</i> Bovallius, 1887	0	1	0	6
<i>Oxycephalus piscator</i> Milne-Edwards, 1830	0	0	0	3
<i>Oxycephalu</i> spp.	0	0	0	2
<i>Rabdosoma minor</i> Fage, 1954	0	0	0	1
<i>Rabdosoma whitei</i> Bate, 1862	0	1	0	5
<i>Rabdosoma</i> spp.	0	0	0	2
<i>Streetsia challengerii</i> Stebbing, 1888	2	2	0	1
<i>Streetsia mindanaonis</i> (Stebbing, 1888)	0	0	0	1
Familia Parascelidae				
<i>Parascelus edwardsi</i> Claus, 1879	0	0	1	3
<i>Parascelus typhoides</i> Claus, 1879	0	0	1	3
<i>Parascelus</i> spp.	0	0	0	1

3.2.1. Abundancia media

La comunidad de anfípodos estuvo representada por 17 especies en enero, las cuatro más abundantes, *Eupronoe minuta*, *Primno brevidens*, *Lestrigonus schizogeneios* y *Vibilia armata*. Sus abundancias expresadas como la Media Geométrica (MG) presentaron un rango entre 3.5 y 8.7 ind/1000 m³; mientras que las especies restantes se encontraron por debajo de 3 ind/1000 m³ (Figura 11).

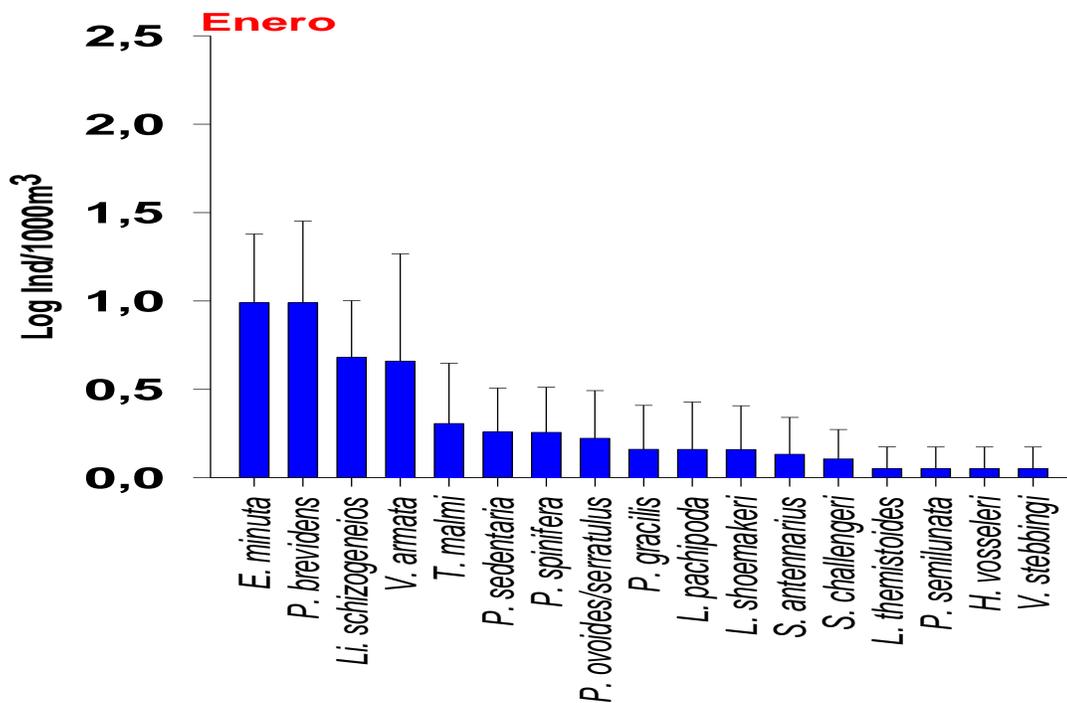


Figura 11. Abundancia media e intervalo de confianza ($\pm 95\%$) de las especies encontradas en enero de 2011.

En abril se registraron 32 especies; y se incrementó la abundancia de las especies dominantes a una MG de 15.3 a 37.8 ind/1000 m³ en las estaciones muestreadas. Las cuatro especies dominantes en este mes fueron las mismas que en enero a excepción de *Vibilia armata* que fue desplazada por *Simorhynchotus antennarius* (Figura 12). Un tercio de las especies presentaron abundancias de 1 a 4.7 ind/1000 m³ y las restantes estuvieron por debajo de 0.6 ind/1000 m³.

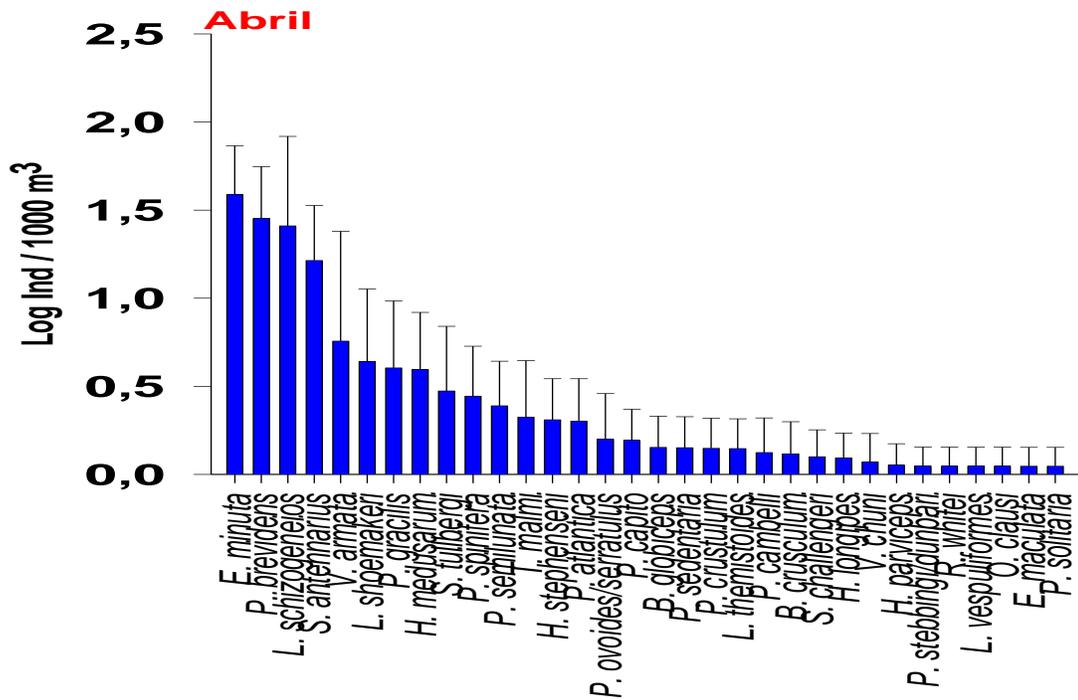


Figura 12. Abundancia media e intervalo de confianza (\pm 95%) de las especies encontradas en abril de 2011.

En julio las especies registradas fueron 28, donde las tres con mayores abundancias fueron *Lestrigonus schizogeneios*, *Primno brevidens* y *Eupronoe minuta* con MG 102.7, 69.1 y 38.5 ind/1000 m³ respectivamente. Otras cinco especies mostraron abundancias entre 3 y 9.8 ind/1000 m³ mientras que las restantes estuvieron por debajo de 1.6 ind/1000 m³ (Figura 13).

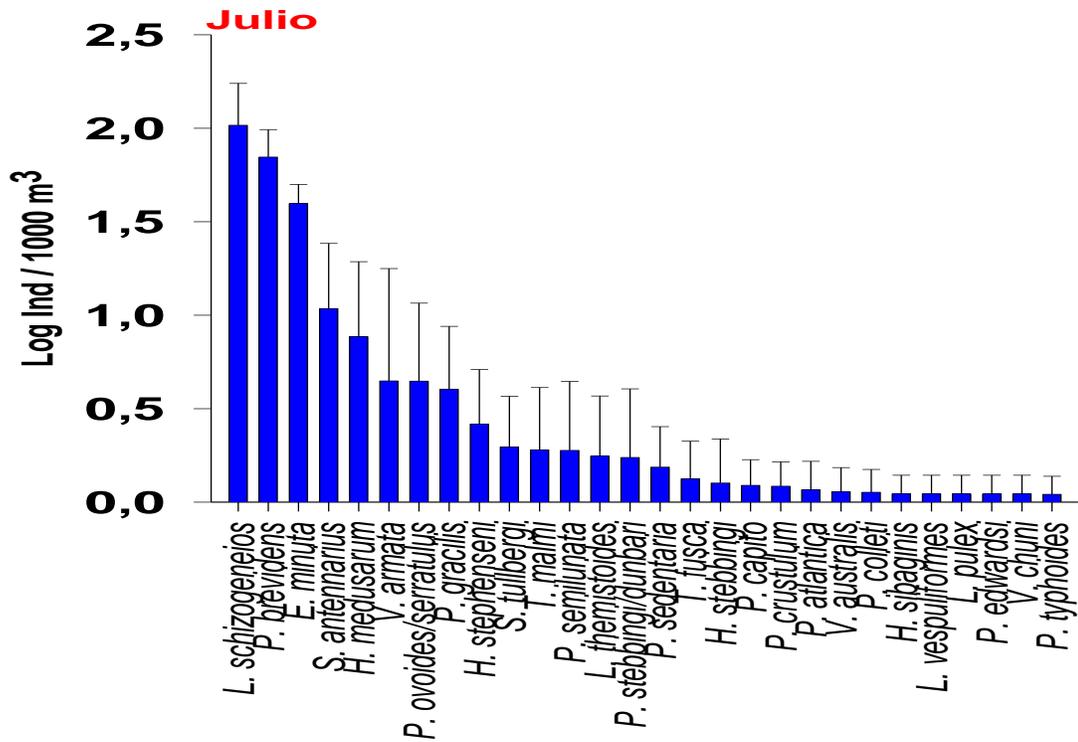


Figura 13. Abundancia media e intervalo de confianza ($\pm 95\%$) de las especies encontradas en julio de 2011.

En octubre se registró el mayor número de especies con un total de 54. Las cuatro especies más abundantes fueron *L. schizogeneios*, *L. bengalensis*, *P. brevidens* y *S. antennarius* cuyas MG estuvieron entre 37.9 y 72.8 ind/1000 m³. Es de notar que la abundancia de *L. schizogeneios* disminuyó 30% respecto a julio y *E. minuta* en un 65% mientras que *S. antennarius* aumentó su población cuatro veces más. Muchas especies comunes observadas en los meses previos incrementaron su abundancia en octubre a la par de otras no observadas previamente (*Anchylomera blossevillei*, *Tetrathyrus forcipatus*, *T. arafurae*, entre otras). En contraste, 14 especies no graficadas registraron MG menores a 0.4 ind/1000 m³ (Figura 13).

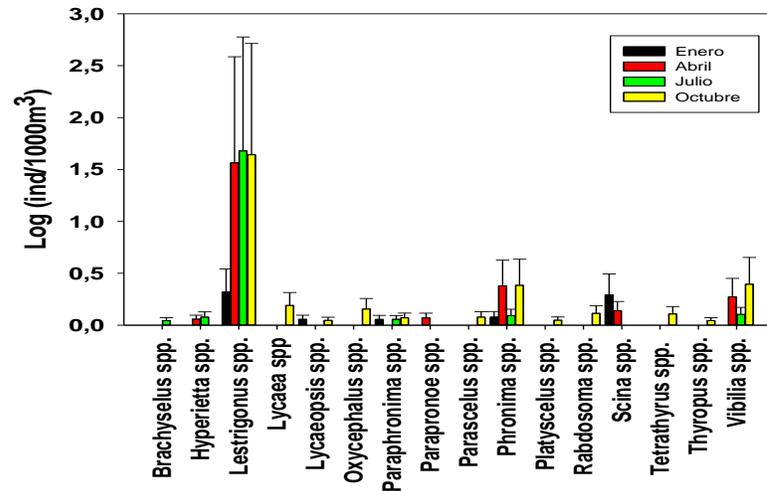


Figura 15. Abundancia media e intervalo de confianza ($\pm 95\%$) de los organismos juveniles a lo largo del estudio.

3.3. Descriptores ecológicos

3.3.1. Diversidad y Dominancia

La diversidad promedio de la comunidad de los anfípodos hipéridos fue mayor durante octubre (2.2), mes en el cual se registró la menor dominancia (0.19). A pesar de la baja abundancia de anfípodos durante enero los valores de diversidad y dominancia fueron semejantes a los de abril y julio (Fig. 16).

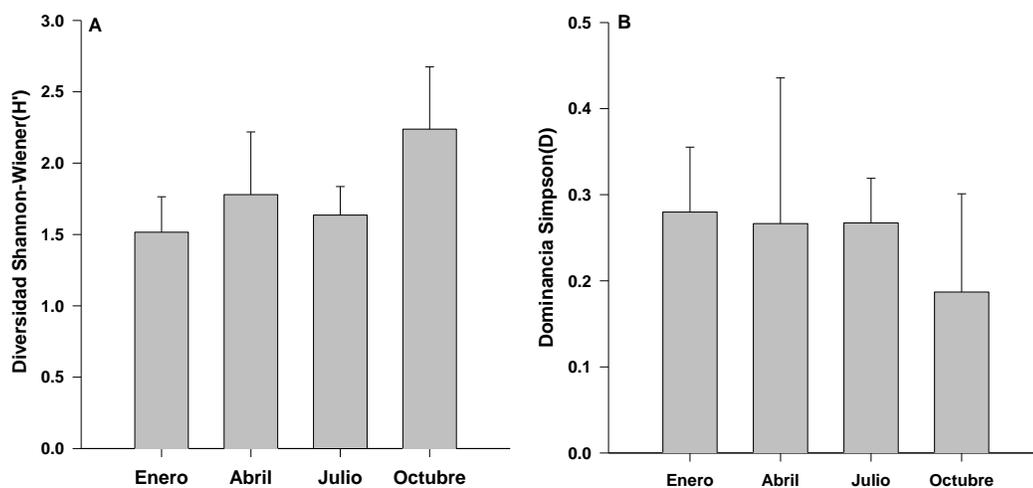


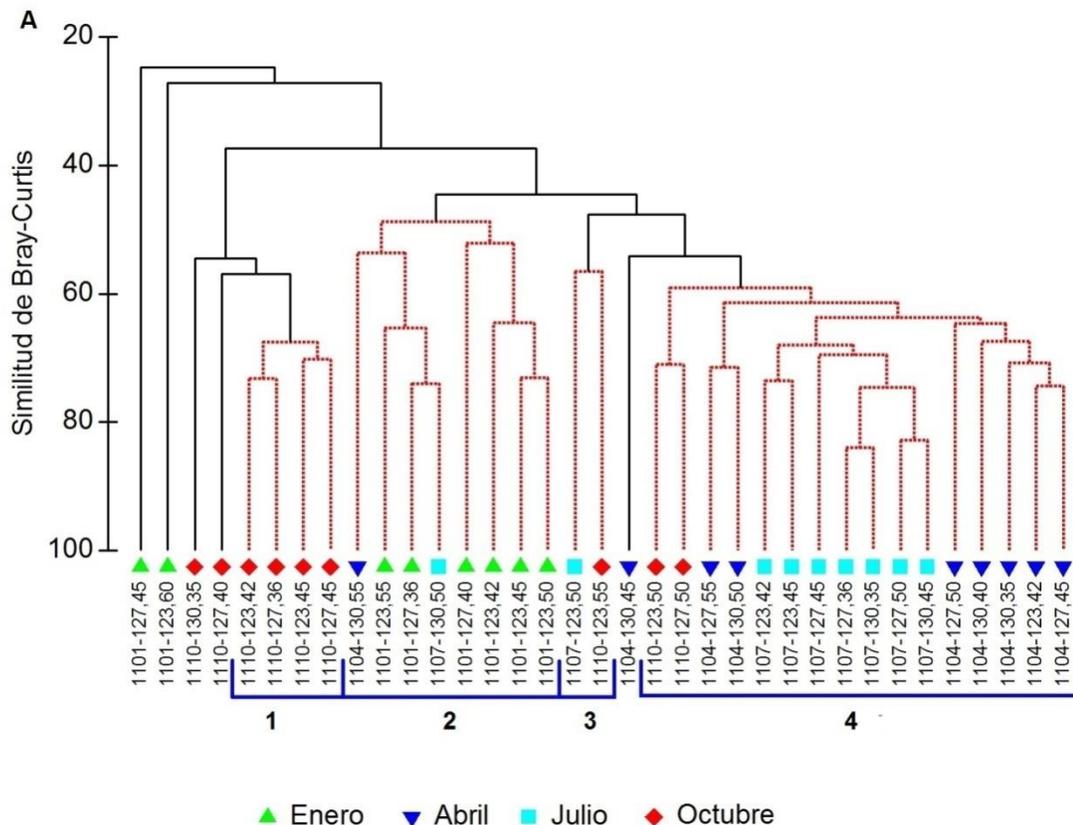
Figura 16. Variación temporal promedio (IC $\pm 95\%$) de los índices de diversidad de Shannon (A) y dominancia de Simpson (B).

3.3.2. Similitud y análisis de conglomerados

En esta sección se describen los resultados obtenidos al analizar la similitud en composición de especies entre las 35 muestras analizadas. La matriz de similitud basada en el índice de Bray-Curtis arrojó la formación de cuatro grupos significativamente diferentes según la prueba Simprof ($p < 0.05$), los cuales se marcan en rojo en el dendograma (Figura 17A). Dichos grupos fueron conformados así:

El conglomerado 1 se conformó exclusivamente de muestras de octubre; en el caso del grupo 2 de muestras de enero y en el grupo 4 quedaron reunidas principalmente muestras de abril y julio, esto indicó que las comunidades en esos meses son muy similares entre sí. El conglomerado 3 estuvo conformado por un par de muestras de diferentes meses.

El análisis no métrico dimensional (nMDS) corrobora la existencia de una diferencia estacional en la que los meses de abril y julio presentan una fuerte similitud entre sí, en contraste con enero y octubre que se localizaron a los extremos del diagrama lo que muestra un mayor contraste entre invierno y otoño (Figura 17B).



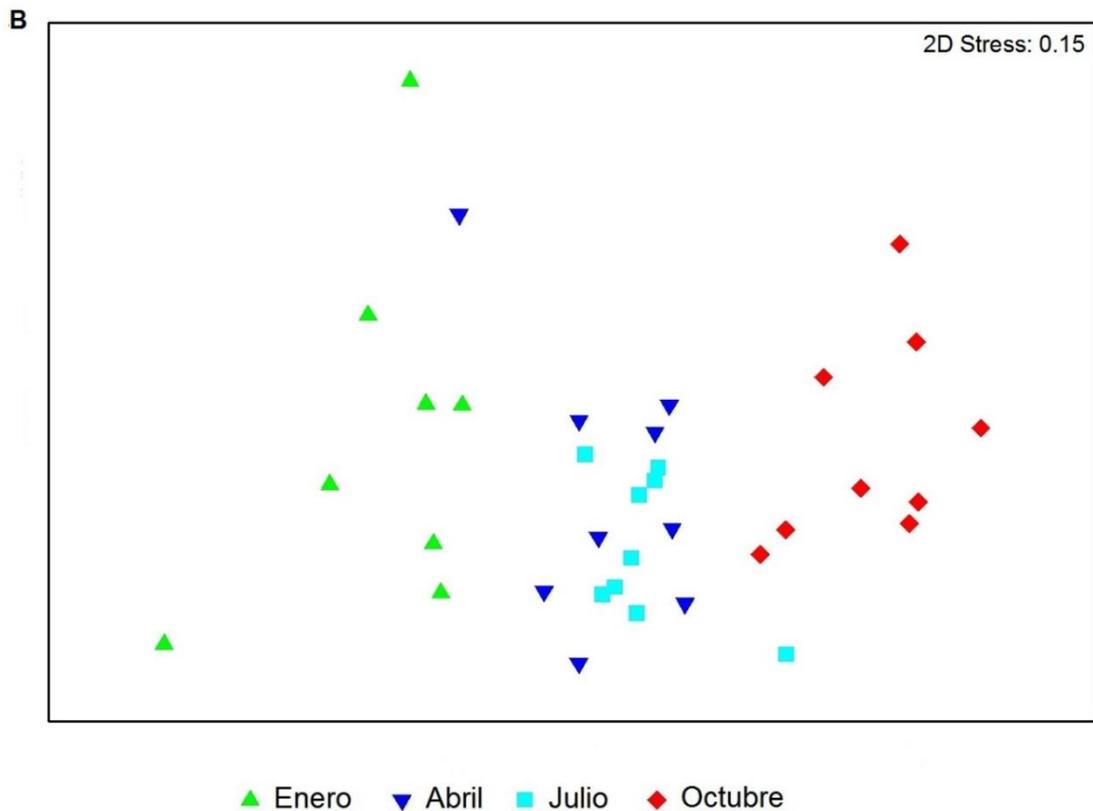


Figura 17. Dendrograma (A) y nMDS (B) realizados a partir de la matriz de similitud de Bray-Curtis. En el dendrograma se muestran las diferencias significativas entre conglomerados obtenidas con el análisis de Simprof ($p < 0.05$) marcadas con líneas negras.

De acuerdo a lo anterior, se determinó el ensamble de anfípodos característico para cada uno de conglomerados conformados. El aporte a la similitud de todas las especies en los conglomerados se muestra en el anexo 2. El conglomerado 1 formado exclusivamente por estaciones de octubre mostró la mayor similitud promedio (68.9 %). *Primno brevidens* y *Lestrigonus schizogeneios* fueron las de mayor aporte a la similitud con 8.5 % cada una. Sin embargo tres especies más (*Platyscelus ovooides/serratulus*, *S. antennarius* y *Lestrigonus bengalensis*) tuvieron porcentajes igualmente altos (7.2-8.1 %). En la Figura 18 puede observarse como las cinco especies tuvieron MG altas (58.5-90.7 ind/1000 m³) que en conjunto suman cerca de dos tercios de los anfípodos totales.

El conglomerado de invierno (2) fue el que presentó la menor similitud entre puntos de muestreo (53.7 %) y las tres especies con mayor aporte fueron *Lestrigonus schizogeneios*, *Primno brevidens* y *Eupronoe minuta*, que en conjunto contribuyen con 74% de la similitud. Sin embargo la abundancia absoluta de anfípodos fue muy baja, las MG de estas tres especies fueron de 5.7, 13.5 y 12.9 ind/1000 m³ (Figura 18).

En el caso del conglomerado 3, las dos estaciones (una de julio y otra de octubre) se asocian con similitud de 56.5%, en este caso la especie con mayor aporte (21%) fue *Lestrigonus schizogeneios* con MG 307.7 ind/1000 m³.

El conglomerado 4 (primavera-verano) presentó una similitud global de 63.9 %. También aquí *L. schizogeneios*, *P. brevidens* y *E. minuta* son las de mayor contribución con un porcentaje acumulado de 57.6 %. No obstante, a pesar de tener un menor porcentaje en el grupo 4 comparado con el grupo 2, su abundancia fue sustancialmente mayor, con MG de 64.8, 58.2 y 41.9 ind/1000 m³ respectivamente.

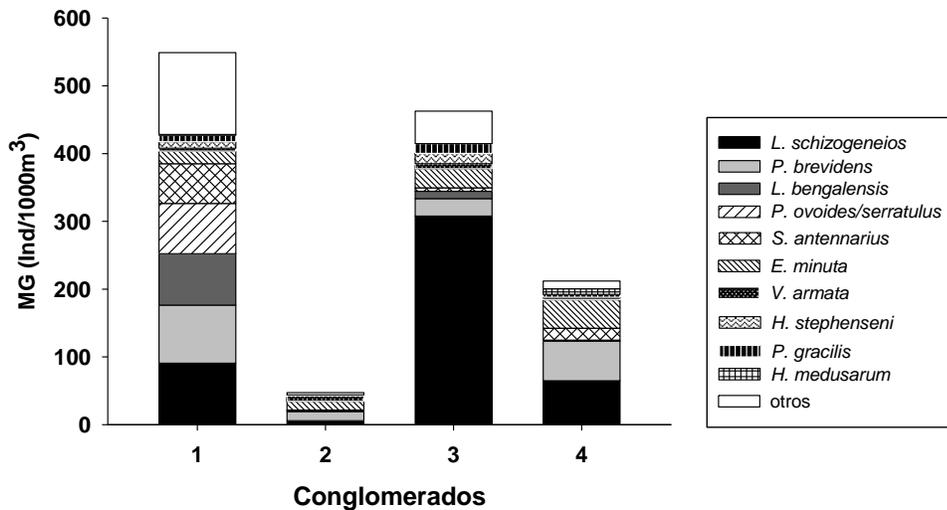


Figura 18. Medias Geométricas (MG) apiladas de las especies pertenecientes a conglomerados resultantes del análisis de similitud (ver fig.17). Las especies seleccionadas son la combinación de las cinco con mayor aporte a la similitud de los grupos como resultado del análisis de Simper. Otros indican Sumatoria de las especies restantes.

3.4. Relación de los anfípodos hipéridos y las variables hidrográficas

El análisis de la correlación entre la comunidad de anfípodos y las variables ambientales (Tabla 2), mediante la correlación de las matrices de similitud y de distancias euclidianas arrojó varias combinaciones donde influyen de cuatro a seis variables (Tabla 3). La correlación de Sperman tuvo un valor muy similar en todas las combinaciones seleccionadas. Al considerar la máxima correlación ($\rho_s = 0.644$), las variables que mejor explicaron la estructura de la comunidad fueron la temperatura y salinidad a 10 m, junto con la biomasa zooplanctónica, la profundidad de la capa de mezcla y el parámetro de estratificación hasta 100 m.

Es importante resaltar que las variables físicas seleccionados están correlacionadas entre sí y que resultarían redundantes al momento de implementar el análisis. Sin embargo, la temperatura y salinidad se contemplan como indicadores de las masas de agua mientras que la profundidad de la capa de mezcla junto con el parámetro de estratificación son indicadores de la estratificación en la columna de agua (tabla 3).

Tabla 2. Variables ambientales utilizadas para la correlación con la matriz de similitud de anfipodos, realizada con la rutina BIOENV.

Variable	abreviatura
Temperatura a 10,30,50 y 200 m	T10,T30, T50,T200
Salinidad a 10,30,50 y 200 m	S10,S30, S50,S200
Oxígeno Disuelto a 10,30,50 y 200 m	OD10, OD30, OD50, OD200
Profundidad de la capa de mezcla	PCM
Parámetro de estratificación a 50, 100 y 200 m	PHI50,PHI100,PHI200
Clorofila Integrada	Ch-a
Biomasa Zooplanctónica	BZ

Tabla 3. Resultados de la rutina BIOENV para la asociación entre la comunidad de anfipodos y las variables ambientales

Correlación (ρ)	T10	S10	OD10	BZ	PCM	PHI50	PHI100
0.644	x	x		x	x		x
0.644	x	x		x	x		
0.643		x		x	x		x
0.637		x	x	x	x		x
0.628		x	x	x	x		
0.623	x	x		x	x	x	
0.621	x	x	x	x	x		
0.620	x	x	x	x	x		x
0.620	x	x		x	x	x	x
0.620	x			x	x		x

Cuando se muestran de manera gráfica las variables ambientales con correlación máxima, en función de su ubicación en el nMDS (Figura 19A) obtenido para las estaciones de muestreo, se evidencia un patrón estacional característico para cada una.

La temperatura (Figura 19B) presentó valores similares de enero a abril, luego se incrementa ligeramente en julio y se registran los máximos en octubre. Dicha tendencia fue similar a la de la salinidad (Figura 19C). Este patrón se muestra como resultado de la influencia estacional de agua oceánica subtropical.

Así mismo, la estratificación (PHI100) tuvo incremento a lo largo de los meses y en octubre cuando los valores son más altos se establece una fuerte termoclina (Figura

19F). En concordancia a lo anterior, la profundidad de la capa de mezcla (Figura 19E) es mayor en enero y abril y se hace más somera en octubre.

La biomasa zooplanctónica presentó alta variabilidad entre las estaciones. Se destacan valores muy bajos en invierno y muy altos de abril a octubre (Figura 19D). Al considerar que dicha biomasa es un indicador de organismos gelatinosos, los cuales contribuyen de manera significativa al volumen de zooplancton a excepción de enero, se observa alta disponibilidad de sustrato gelatinoso que es utilizado por los anfípodos para su reproducción y facilitación alimenticia.

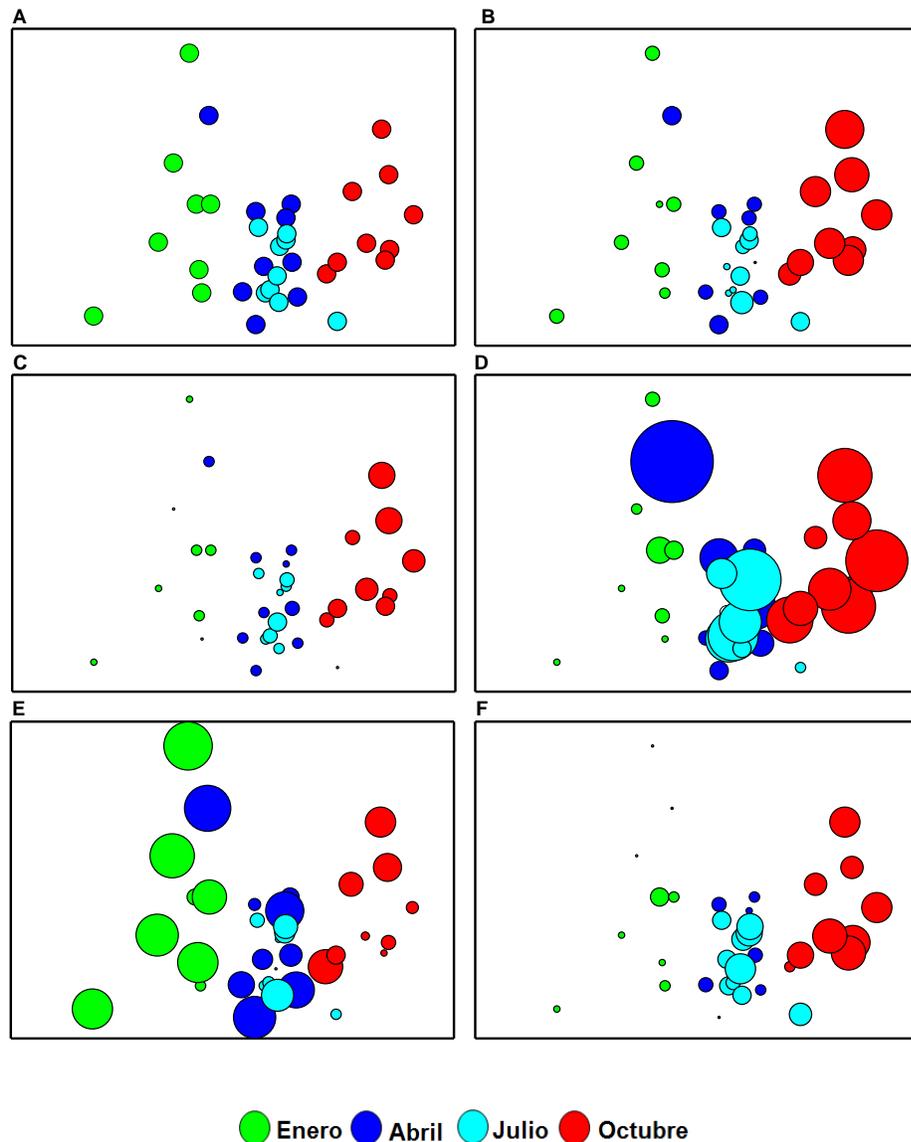
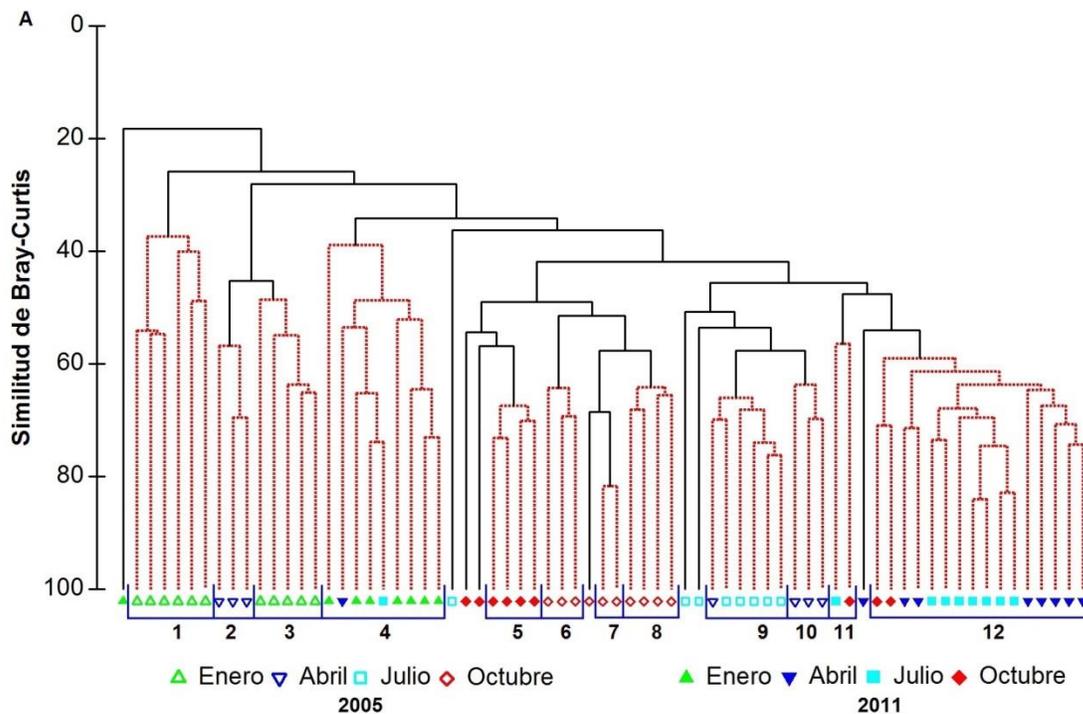


Figura 19. nMDS realizados a partir de la matriz de similitud de Bray-Curtis que muestra la ubicación de las estaciones de muestreo (A) en función de los valores de temperatura a 10 m (B), salinidad a 10 m (C), biomasa zooplanctónica (D), profundidad de la capa de mezcla (E) y parámetro de estratificación a 100 m (F). El tamaño de los círculos está en función del valor de cada variable y es diferente en cada ordenación.

3.5. Comparación de la comunidad de anfípodos hipéridos del año 2005 y 2011

Previa realización de comparaciones entre los años 2011 y 2005, se realizó la prueba estadística Mann-Whitney para determinar si existían diferencias significativas entre las abundancias de las estaciones día /noche para cada una de las especies en 2011, debido a que los datos del año 2005 corresponden únicamente a estaciones nocturnas. Se encontraron diferencias significativas para *Eupronoe minuta* ($p=0.031$) y *Vibilia armata* ($p=0.017$).

El índice de similitud entre los dos periodos generó la formación de doce grupos (Simprof, $p<0.05$). Se destaca que dichos grupos están separados en su mayoría por año y mes de muestreo (Fig. 20 A). Sin embargo, al contrastar los conglomerados con el análisis gráfico (MDS) hay poca consistencia ya que a pesar de que se mantienen las diferencias interanuales y estacionales se muestran solo siete grupos (Fig. 20B). En este sentido, es importante considerar que el valor de stress obtenido (0.19) es moderadamente alto, lo que indica dificultad para establecer el arreglo en dos dimensiones de los mismos ya que las ordenaciones en el nMDS se basan en las filas de las semejanzas, en lugar de los valores reales. Por lo tanto, se consideró mantener el arreglo obtenido en los conglomerados y cuya caracterización del ensamble de anfípodos se describe para aquellos conformados por más de cuatro estaciones.



el porcentaje de contribución no fue muy alto (8.1-8.5 %) las MG de cada una fueron altas (85.6, 90.7, 74.1 ind/1000 m³).

Para el conglomerado 8 con 65.1 % de similitud y característico de otoño de 2005, las especies con mayores MG fueron *Lestrigonus schizogeneios* (MG 102.4 ind/1000 m³), *Vibilia armata* (MG 69.87 ind/1000m³) y *Lestrigonus bengalensis* (MG 116ind/1000 m³) que contribuyeron en conjunto con 28.8 % de la similitud del mismo.

El grupo 9 (verano de 2005) presentó similitud promedio de 68.49 % donde *Vibilia armata*, *Eupronoe minuta* y *Primno brevidens* fueron las especies con mayor contribución y cuyas fueron de MG de 173.6 91.7 y 74 ind/1000 m³ respectivamente.

El conglomerado 12 reunió el mayor número de estaciones (17) y puede considerarse como del periodo primavera-verano de 2011. La similitud fue de 62.78 % y las especies con mayor contribución fueron *Primno brevidens* (MG 52.4ind/1000 m³), *Lestrigonus schizogeneios* (MG 62 ind/1000 m³) y *Eupronoe minuta* (MG 41.7 ind/1000 m³). Las especies restantes contribuyeron con cerca del 40 % de similitud total y las MG se presentaron con valores entre 0.05 a 15.4 ind/1000 m³.

Los conglomerados restantes que agruparon conjuntos de tres estaciones corresponden al año 2005 con dos de abril de 2005 y otro de octubre (Figura 21).

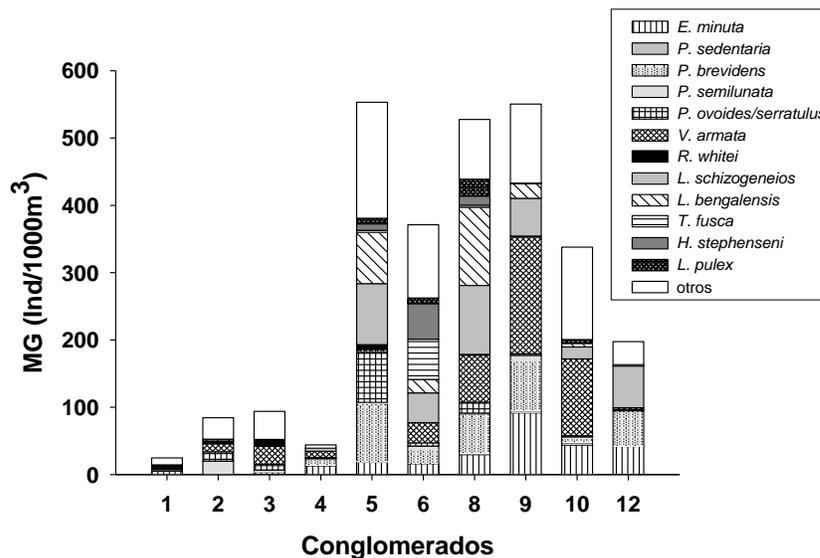


Figura 21. Medias Geométricas (MG) apiladas de las especies pertenecientes a conglomerados resultantes del análisis de similitud (ver fig.19). Las especies seleccionadas son las combinación de las 2 con mayor aporte a la similitud de los grupos como resultado del análisis de Simper. Otros indican Sumatoria de las especies restantes. Se excluyen de esta gráfica los conglomerados 7 y 11 conformados por dos estaciones.

Al comparar las abundancias de las especies entre 2005 y 2011 se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$). Posteriormente, al evaluar las abundancias entre las 72 especies que componen el ensamble conjunto, se encontraron diferencias significativas en 16, las cuales se caracterizan por pertenecer al grupo de las más abundantes, junto con especies que se consideraron raras debido a su poca abundancia (ver Fig. 11, 12, 13 y 14), se resalta dentro de este grupo a *Lestrigonus macrophthalmus* que es una especie exclusiva de julio y octubre 2005 con MG de 0.33 y 0.038 ind/1000 m³ respectivamente (Tabla 4).

Tabla 4. Comparación de abundancias entre las especies del ensamble conjunto 2005-2011, mediante la prueba de Kruskal-Wallis (H=71). Se muestran las especies a partir de las cuales se presentan diferencias significativas.

Especies Abundantes	P <
<i>E. minuta</i> vs <i>L. macrophthalmus</i>	0.042327
<i>P. brevidens</i> vs <i>T. forcipatus</i>	0.027196
<i>L. schizogeneios</i> vs <i>T. forcipatus</i>	0.028744
<i>V. armata</i> vs <i>L. macrophthalmus</i>	0.031332
Especies raras	
<i>L. pauli</i> vs <i>L. schizogeneios</i>	0.009526
<i>H. Luzoni</i> vs <i>L. schizogeneios</i>	0.021462
<i>L. macrophthalmus</i> vs <i>E. minuta</i>	0.042327
<i>L. nasuta</i> vs <i>L. schizogeneios</i>	0.011493
<i>P. colleti</i> vs <i>E. minuta</i>	0.031549
<i>R. minor</i> vs <i>L. schizogeneios</i>	0.011913
<i>S. similis</i> vs <i>L. schizogeneios</i>	0.006809
<i>S. mindanaonis</i> vs <i>L. schizogeneios</i>	0.007354
<i>T. arafurae</i> vs <i>L. schizogeneios</i>	0.020869
<i>T. forcipatus</i> vs <i>L. schizogeneios</i>	0.028744
<i>V. propinqua</i> vs <i>L. schizogeneios</i>	0.017014
<i>P. solitaria</i> vs <i>L. schizogeneios</i>	0.007518

Así mismo, la variación estacional de las especies comunes (52) entre estos años, en cada uno de los meses de muestreo, evidenció diferencias (significativas $p < 0.05$) en 30 de las especies, en al menos una época del año (Tabla 5).

Tabla 5. Prueba U de Mann-Whitney que compara las abundancias entre las diferentes estaciones de los años 2005 y 2011. El número de muestras para cada uno de los años fue de 36 para 2005 y 35 para 2011. Solo se muestran los resultados de las especies con resultados significativos.

Espece	estación	U	P
<i>L. schizogeneios</i>	Invierno	16.50	0.018
	Verano	13.00	0.026
<i>P. brevidens</i>	Invierno	14.50	0.013
	primavera	7.000	0.009
<i>S. antennarius</i>	Primavera	7.000	0.008
	Otoño	9.000	0.003
<i>V. armata</i>	Primavera	13.00	0.048
	Verano	8.000	0.006
<i>A. blossevillei</i>	Invierno	24.00	0.033
	Primavera	4.500	0.001
	Verano	9.000	0.002
<i>E. maculata</i>	Otoño	13.50	0.002
<i>H. longipes</i>	verano	18.00	0.019
<i>H. sibaginis</i>	invierno	24.00	0.033
<i>H. parviceps</i>	Verano	9.000	0.002
	Otoño	27.00	0.039
<i>H. vosseleri</i>	Otoño	13.50	0.002
<i>L. vespuliformes</i>	Verano	10.00	0.005
<i>L. bengalensis</i>	Primavera	9.000	0.003
	Verano	0.000	0.000
<i>L. shoemakeri</i>	Verano	4.500	0.000
	Otoño	0.000	0.000
<i>L. pulex</i>	Primavera	13.50	0.012
	otoño	12.00	0.007
<i>O. clausi</i>	Invierno	20.00	0.016
	Primavera	15.00	0.033
	Verano	13.50	0.007
<i>P. crassipes</i>	Verano	18.00	0.019
<i>P. edwarsi</i>	Primavera	18.00	0.036
<i>P. typhoides</i>	Primavera	18.00	0.036
<i>P. atlantica</i>	Invierno	4.000	0.000
	Primavera	13.00	0.046
	Otoño	15.00	0.002
<i>P. curvipes</i>	Invierno	24.00	0.033
	Primavera	13.50	0.012
	Verano	13.50	0.007
<i>P. stebbingi</i>	Invierno	24.00	0.033
	Otoño	19.00	0.024
<i>P. spinifera</i>	Invierno	22.00	0.010
	otoño	25.00	0.022
<i>P. semilunata</i>	Primavera	8.000	0.012
	verano	8.000	0.005
<i>P. ovoides/ serratulus</i>	Invierno	16.00	0.017
	primavera	14.00	0.047
<i>R. whitei</i>	Invierno	8.000	0.001
	primavera	15.00	0.033

Tabla 5 (Continuación)

Especie	estación	U	P
<i>S. borealis</i>	Primavera	13.50	0.012
	Verano	13.50	0.007
<i>S. tullbergi</i>	Verano	14.50	0.034
<i>S. challengeri</i>	Verano	13.50	0.007
<i>T. malmi</i>	Invierno	22.00	0.010
	Otoño	5.000	0.000
<i>V. australis</i>	Primavera	18.00	0.036
	Verano	11.00	0.007

En el caso del grupo de las especies más frecuente y abundantes del estudio *L. schizogeneios* mostró diferencias significativas en invierno y verano, épocas que corresponden para el 2011 a las abundancias más bajas (MG 12.37 Ind/1000 m³) y altas respectivamente (MG 102.7 Ind/1000 m³). *P. brevidens* presentó diferencias en las dos épocas (invierno y primavera) en las que para ambos años se registraron las MG más bajas. Por su parte, *S. antennarius* presentó diferencias en primavera (p=0.008) y otoño (0.003). *V. armata* que se registró como una especie frecuente pero poco abundante durante 2011 mostró las diferencias significativas con 2005 durante la primavera y el verano.

A. Blossevillei, *O. Clausi*, y *P. curvipes* fueron un grupo de especies poco abundantes y con presencia casi exclusiva de octubre en 2011, lo que es coherente con el resultado de la prueba estadística que muestra diferencias significativas para invierno, primavera y verano (tabla 4). En contraste, el resultado obtenido para *L. Bengalensis* que también presentó la misma tendencia de las especies anteriores para 2011 se debió a que durante invierno de 2005 esta especie presentó una abundancia muy baja (MG 0.1 Ind/1000 m³) en la zona.

4. Discusión

Durante 2011 se presentaron condiciones climáticas propias de la fase fría del ENSO (La Niña) que se desarrolló desde el verano de 2010 y se prolongó hasta principios de 2012. Este evento se caracterizó por una fase de relajación entre mayo y julio de 2011 y el resurgimiento de las condiciones frías durante el otoño en la región del Pacífico centro ecuatorial (Hu et al., 2014; Thorne, Willett, Dolman, & Hall, 2012); En el SCC, las temperaturas superficiales frías persistieron durante gran parte del verano y otoño. Se presentaron surgencias de intensidad media durante la primavera e inicios del verano (época típica de surgencias) aunque más intensas y tempranas desde el sector de Baja California hasta California Central a pesar de que se reportó en todos los sectores una interrupción anticipada de las mismas (Bjorkstedt et al., 2011, 2012).

Los patrones de la circulación superficial, indican que en condiciones normales, agua de origen subártico (ASA) domina en la zona de estudio durante el invierno y primavera, con un fuerte flujo costero en dirección hacia el ecuador en esta última estación (Durazo et al., 2010; Lynn & Simpson, 1987). Este patrón es consistente en este trabajo (Figura 8) ya que en estas estaciones del año se observaron aguas con características subárticas que, debido a las condiciones frías de La Niña y la intrusión de Agua Subártica en exceso, se observan hasta el verano (Figura 4).

Adicional a lo anterior, las condiciones ambientales durante el año 2011 en la zona de estudio reflejaron una dinámica estacional aunque no del todo típica, debido a que el agua con menor temperatura y salinidad se presentó en invierno en lugar de la primavera, aunque las más cálidas y salinas se observaron en otoño como es lo habitual (Durazo et al., 2010). Los diagramas T-S mostraron que la capa superficial (0-100 m) se encontraba menos salina y más fría que la media climatológica, especialmente en enero y abril; ya para julio y octubre se apreció que las condiciones fueron más cercanas a los valores promedio (Figura 8). En la capa subsuperficial la presencia de agua con mayor salinidad indicó un incremento en la influencia de la

contracorriente hacia el polo, especialmente para julio y octubre. Un comportamiento similar fue descrito para la costa occidental de Baja California, cuando bajo la influencia de un evento El Niño débil durante los años 2002–2003 se presentó un incremento en el volumen de agua subártica (Durazo et al., 2005).

Como consecuencia del evento La Niña de 2011, en el SCC se observó que la concentración de clorofila-a a lo largo del sector norte de la corriente (Trinidad Head Line: 41 03.50 °N) fueron elevadas (entre 15-25 mg/m³ aprox.) en la región nerítica en primavera y verano y bajas desde septiembre, mientras que en el sector central (Bahía Monterey: 36.7 °N) estuvieron por debajo de la media durante el verano (< 4 mg/m³) y altas en otoño (> 5 mg/m³). En contraste, para Baja California se consideró que la clorofila-a integrada fue relativamente alta (valores >40 mg/m²) durante todo el año reduciendo sus valores a finales del mismo (Bjorkstedt et al., 2012). En el caso de la comunidad zooplanctónica el reporte indica que durante 2011 el volumen desplazado reportó valores por encima de la media a largo plazo en los diferentes sectores, con un predominio de organismos gelatinosos, especialmente de hidromedusas y salpas (Bjorkstedt et al., 2012).

Así mismo, en diferentes zonas del SCC se reportaron evidencias biológicas del enfriamiento debido a La Niña 2010-2012. Por ejemplo, en el sector de Oregon el índice de riqueza de especies de copépodos que fue relativamente bajo junto con la alta biomasa de especies boreales indicó una comunidad afín a condiciones frías durante la primavera y el verano. En Baja California la abundancia de copépodos fue alta de enero a julio y disminuyó en octubre de 2011, mientras que los eufáusidos y quetognatos presentaron todo el año anomalías negativas de abundancia (Bjorkstedt et al., 2011, 2012). Se presume que las especies tropicales resultaron afectadas pero no se puede establecer con certeza, ya que no se identificaron las especies de los grupos mencionados.

En otros eventos ENSO como el de 1997-1999 el zooplancton presentó una reducción en biomasa y cambios en la estructura de la comunidad durante la fase cálida (El Niño 1997-1998), seguido por un periodo de transición y finalmente, en la fase fría (La Niña

1999-2000), se produjo un incremento de la biomasa y se establecieron comunidades de afinidad fría (Lavaniegos & Ohman, 2003; Marinovic et al., 2002; Peterson et al., 2002). Sin embargo, este patrón de la biomasa zooplanctónica no se presenta en aguas de Baja California, ya que los valores más altos se registraron durante la fase cálida y decayeron durante la transición y la fase fría (Lavaniegos et al., 2002). Dicha tendencia se debió en parte a una alta abundancia de salpas durante El Niño 1997-1998 (Hereu et al., 2006).

En el caso de los anfípodos hipéridos, se ha reportado en la costa central del Pacífico mexicano (costas de Colima y Jalisco) que durante este mismo periodo, cuando existe mayor influencia de la Corriente de California (febrero-junio), se presentó un incremento en diversidad, aunque una baja abundancia de organismos. Sin embargo, prevalecen las especies *Hyperioides sibaginis* y *Lestrignonus bengalensis* como las más frecuentes y abundantes (Gasca et al., 2012). En contraste, la ocurrencia de estas especies en el presente estudio, es exclusiva del mes de octubre, donde *L. bengalensis* fue la segunda más abundante. La tendencia que presentó esta especie también se reporta en estudios realizados en el mar Caribe mexicano (Gasca & Suarez-Morales, 2004), golfo de México (Bowman, 1973; Gasca et al., 2009; Gasca, 2003; Gasca, 2004), Bahía Banderas (Gasca & Franco-Gordo, 2008) y otras zonas de influencia tropical (Lima & Valentin, 2001; Valencia et al., 2013; Zeidler, 1984). Por lo tanto, en este estudio se consideró a *L. bengalensis* como una especie de afinidad tropical, típica de las condiciones climáticas de otoño cuando en la localidad hay mayor influencia de aguas de origen tropical y subtropical.

Si se tiene en cuenta la variación en la composición de las especies como respuesta al proceso de escala interanual mencionado (ENSO 1997-1999), se esperaba que dicho comportamiento se viera también reflejado en la variación estacional de una manera aún más evidente, al registrar una mayor presencia y abundancia de las especies templadas y subtropicales debido a las condiciones de baja temperatura durante La Niña 2010-2012. En este sentido, se consideró que la estructura de la comunidad de anfípodos estuvo representada por 5 especies muy frecuentes *Eupronoe minuta*, *Primno brevidens*, *Lestrignonus schizogeneios*, *Simorhynchotus antennarius* y

Paraphronima gracilis (65 a 97% del total de muestras); 33 especies comunes (11-54%) y 25 especies poco frecuentes (<9 %) a lo largo del estudio. Vinogradov (1999) y Vinogradov et al., (1996) caracterizaron la mayoría de las especies encontradas como de afinidad a regiones tropicales y subtropicales y en la columna de agua como epimeso pelágicas). Sin embargo, el rango de consideración para las especies tropicales es muy amplio (40°N a 40°S) lo que dificulta su categorización.

Se resalta que la composición, abundancia y diversidad de los anfípodos para la zona mostró un patrón estacional, que aumento progresivamente a lo largo del año, con incremento significativo en abundancia en abril y en diversidad en octubre. Dicho patrón ha sido reportado por Lavaniegos y Hereu (2009) durante el 2005 cuando las condiciones ambientales pueden ser consideradas más típicas y por lo tanto provee un punto de referencia para analizar dicho patrón durante el 2011.

Lavaniegos y Hereu (2009) propusieron como especies características de la CC a *Lestrigonus schizogeneios*, *Primno brevidens*, *Vibilia armata* y *Eupronoe minuta*. Estas especies a excepción de *V. armata* también fueron abundantes en 2011. *Eupronoe minuta*, que es considerada también como la más común en el Giro del Pacífico Central (Shulenberger, 1977), presentó frente a Baja California un aumento gradual a lo largo de ambos años (2005 y 2011) y no presentó diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las estaciones de los mismos. *Primno brevidens* ha sido considerada como la especie más importante en la Corriente de California (Bowman, 1978); y aunque en 2011 registró abundancias mayores en otoño, presentó diferencias significativas en su abundancia durante invierno y primavera ($p=0.013$ y 0.009 respectivamente) en comparación con 2005. *Vibilia armata* tuvo MG bajas todo el año, excepto en octubre cuando tuvo un aumento ligero. En contraste, durante 2005 Lavaniegos y Hereu (2009) registraron para esta especie abundancias mínimas en invierno y altas el resto del año, aunque las diferencias significativas entre ambos años se registraron únicamente para las épocas de primavera ($p=0.048$) y verano ($p=0.006$). En el presente estudio se encontró que *Simorhynchotus antennarius* estuvo dentro del grupo de especies dominantes, con un aumento progresivo y valores máximos de abundancia en otoño.

En contraste, esta especie en 2005 fue registrada como poco abundante (Lavaniegos & Hereu, 2009).

En particular las especies del género *Lestrigonus* parecen mostrar cierta tendencia estacional, ya que mientras *L. schizogeneios* fue una especie persistente y abundante durante todo el año con las mayores abundancias en verano, (en 2005 fueron en otoño), *L. shomakeri* estuvo presente solo en invierno y primavera con bajas abundancias, y en 2005 estuvo presente durante todo el año (también con bajas abundancias). Por su parte, *L. bengalensis* solo apareció en otoño de 2011 con altas abundancias (MG 59.76 Ind/ 1000 m³), mientras que en 2005 se registró en todos los meses pero con abundancias menores (Lavaniegos & Hereu, 2009).

En el caso de algunas especies comunes, *Hyperoche medusarum* fue ligeramente más abundante en 2011 que en 2005, estando ausente en el invierno de ambos años. *Anchylomera blossevillei* estuvo presente únicamente en octubre, mientras que en 2005 se registró a lo largo del año. Esta especie también ha sido reportada como la segunda más abundante en el mar de los Sargazos (Gasca, 2007). Las especies raras estuvieron presentes en ambos estudios en baja frecuencia y abundancia. Sin embargo, en 2005 la mayoría de estas estuvieron presentes a lo largo del año mientras, en 2011 se encontraron restringidas a un mes en particular, especialmente julio y octubre.

Al explicar la diversidad y abundancia estacional en relación a variables ambientales se puede considerar que la circulación superficial fue un factor importante ya que la estacionalidad existente en el flujo de las corrientes frente a la zona de estudio puede contribuir tanto al acarreo como al mantenimiento de especies. Así por ejemplo, al observar los mapas de altura dinámica de cada campaña (Figura 4) y la abundancia de especies (Fig. 11, 12, 13 y 14), se observa el predominio de las especies características de la CC los tres primeros meses, mientras que en octubre predomina la aparición de especies con afinidad tropical, acorde al ingreso de agua de origen tropical y subtropical. Esta característica es reforzada por el conjunto de las variables que mejor se relacionaron con la estructura de la comunidad de anfípodos, ya que indican la tendencia hacia el predominio de alguna de estas masas de agua. La baja temperatura

y salinidad superficial (10 m) registradas en este estudio (enero a julio) son indicadoras del predominio de Agua Subártica (Lynn & Simpson, 1987) y por lo tanto favorecieron el predominio de las especies típicas de la CC. En contraste, los valores altos del parámetro de estratificación entre la superficie y 100 m y el reducido grosor de capa de mezcla durante julio y octubre de 2011, indicaron la influencia de la masa de Agua Subtropical Superficial, hecho que se ve reforzado por la aparición de *L. bengalensis* y *H. sibaginis* (Bowman, 1973; Thurston, 1976), lo cual confirma un posible efecto de la circulación local en las especies registradas.

La correlación entre variables ambientales y la comunidad de anfípodos coincide con lo observado en otras zonas. Por ejemplo, Zhaoli & Mei (2006) encontraron una buena correlación entre la abundancia de los anfípodos del mar de China y la temperatura superficial durante la primavera, esto explicado a partir de la distribución de las especies y altas abundancias en aguas oceánicas, donde la temperatura era más alta. En el caso de la salinidad superficial (10 m), resultados similares fueron reportados para Baja California, donde esta variable indicadora de diferentes masas de agua (en este caso Agua Subártica) contribuyó, junto con la temperatura, a explicar el ensamblaje encontrado (Lavaniegos, 2014). En otras zonas, como la Bahía de Panamá, los valores de salinidad contribuyeron a explicar las variaciones en el gradiente nerítico-oceánico de los ensamblajes de hipéridos (Valencia et al., 2013) y en el Golfo de California Siegel-Causey (1982) encontró que esta variable fue el mejor predictor de la abundancia de estos organismos.

La estratificación de la columna de agua, otra de las variables que se correlacionó ($\rho_S=0.644$) con la estructura de los anfípodos también ha sido señalada por otros autores como Cornet & Gili (1993), quienes sugirieron que en la Corriente de Benguela, la estructura de la comunidad de anfípodos es consecuencia de la existencia de una fuerte termoclina y la presencia de zooplancton gelatinoso. Como ya se ha mencionado, esta última variable ha sido reportada con correlaciones positivas en diversos estudios realizados para los anfípodos hipéridos. Esto sugiere que esta variable contribuye de manera importante a explicar el ensamblaje en la zona de estudio en 2011, ya que las altas abundancias reportadas (Bjorkstedt et al., 2011, 2012) para este año pueden ser

indicadoras de fuentes de alimento y/o sustrato disponible, lo que permite el establecimiento de la comunidad de hipéridos que se encontró.

Respecto a lo anterior, se conocen especies de anfípodos con amplia tolerancia a cambios termohalinos, como *L. schizogeneios* la cual ha sido registrada como una especie muy frecuente en diversas regiones. Zhaoli (2009) la clasificó como una especie euriterma y eurihalina debido a que se distribuye en amplios rangos de temperatura (13.51-28.38 °C) y salinidad superficial (27.26-34.82). A pesar de que no es una especie muy abundante en el área del Pacífico Tropical Mexicano, Gasca et al., (2012) la registraron como una especie persistente durante todas las fases del ciclo ENSO 1997-1998 con altas contribuciones durante la época de predominio de la CC. Esta tendencia cosmopolita en aguas templado-cálidas y aparente amplia tolerancia puede explicar por qué esta fue una de las más frecuentes y abundantes frente a Baja California. *V. armata* es reconocida como una de las especies más abundantes de la CC (Lavaniegos & Hereu, 2009; Lavaniegos & Ohman, 2003; Lavaniegos, 2014), y en otros estudios realizados por Brusca (1967), Cornet & Gili (1993), Thurston (1976) y Tranter (1977) la han registrado como una especie con un amplio rango de migración vertical que permanece entre 200 a 1000 m de profundidad durante el día. En el golfo de California se registró una relación de esta especie con la presencia de Agua Subtropical Superficial y Subsuperficial producto de procesos de surgencias (Siegel-Causey, 1982). Valencia-Ramirez (2010) la encontró asociada a una lengüeta de agua fría y salina en la zona de influencia de la Corriente de Colombia, mientras que para el Pacífico tropical mexicano *V. armata* fue especie poco abundante que contribuyó a la similitud en el grupo de especies cuando predominó la CC (Gasca et al., 2012). Particularmente es de considerar que los resultados de este estudio no concuerdan con lo esperado para una región subtropical como el sector sur de la CC descrito anteriormente, ya que a pesar de registrarse como una especie frecuente no fue muy abundante, aunque sus abundancias podrían estar subestimadas debido a las características de la profundidad del muestreo (0-200 m) adicional al hecho de que en su mayoría las muestras fueron tomadas durante el día.

Por su parte, en estudios del golfo de California (Siegel-Causey, 1982) y de la Corriente de Canarias (Thurston, 1976) se ha encontrado que *E. minuta* parece presentar migración inversa, mientras que en aguas del Océano Índico se relacionó con las altas temperaturas y baja salinidad propia de la corriente Sur Ecuatorial y mostró tendencia a incrementar por arriba de los 200 m durante la noche (Tranter, 1977). A pesar de que esta especie siempre estuvo dentro del grupo de las más frecuentes y abundantes, al igual que *V. armata* la tendencia en las abundancias pudo ser afectada por las características propias del muestreo realizado (número y hora de la toma de las muestras).

En contraste, especies como *P. brevidens* y *S. antennarius* no presentan un comportamiento migratorio muy claro (Siegel-Causey, 1982; Thurston, 1976); mientras que otras como *Paraphronima gracilis* e *Hyperietta stephenseni* parecen presentar un patrón de migración inverso (Roe, 1974; Thurston, 1976). Sin embargo, se requieren estudios sobre migración vertical de estas especies en la CC para establecer patrones que contribuyan a explicar lo descrito en el presente estudio.

Otra especie que puede indicar modificación en las condiciones ambientales locales es *Tetrathyrus forcipatus*, la cual fue exclusiva de octubre y con una baja abundancia. En contraste, altas abundancias de esta especie y mayor presencia en zonas costeras han sido reportadas por Cornet & Gili (1993), Gasca & Suarez-Morales (2004) y Zeidler (1984) quienes además la registraron por encima de los 20 m y sin comportamiento migratorio. Durante el ciclo ENSO 1997-1998 fue reportada con esta misma tendencia por Gasca et al.(2012). Estos patrones encontrados podrían explicar el hecho de encontrarla ausente durante los tres primeros meses del estudio, cuando el agua estaba muy fría en superficie (16-17 °C) y aunque en octubre las condiciones eran aparentemente más adecuadas para su desarrollo, la baja abundancia se debe probablemente a una preferencia por zonas costeras, ya que las estaciones muestreadas son de tendencia oceánica.

Finalmente, con este estudio se puede establecer que la variabilidad estacional prevaleció sobre el sistema y que los efectos de La Niña del 2010-2012 tuvieron mayor influencia sobre la capa superficial y durante los tres primeros trimestres de 2011. La

aparente disipación de este evento pudo ocasionar que las condiciones estacionales prevalecieran en la zona, hecho que se refleja en la diversidad y abundancia reportadas en octubre cuando las condiciones ambientales y la dinámica de las corrientes regionales favorecen un perfil tropical y subtropical de especies.

5. Conclusiones

1. La comunidad de anfípodos que estuvo representada por 63 especies, incrementó su diversidad a lo largo del año y se caracterizó por la presencia de 4 especies dominantes: *Lestrignus schizogeneios*, *Primno brevidens*, *Eupronoe minuta*, *Simorhynchotus antennarius*.
2. La mayor diversidad y abundancia de anfípodos se presentó en el mes de octubre cuando hay mayor influencia de agua de origen subtropical propia de la señal estacional del lugar. Esta señal se observó reforzada tanto por la influencia como por el relajamiento del evento La Niña.
3. El ensamblaje de especies en 2005 y 2011 fue muy similar. Sin embargo, los análisis de similitud muestran diferencias estacionales entre estos años como consecuencia de las condiciones ambientales propias de la variabilidad interanual en la región de estudio.
4. La temperatura y la salinidad, como variables ambientales indicaron la importancia e influencia de las masas de agua en la presencia de las especies registradas.
5. La estratificación es una de las variables que explicó el ensamble de la comunidad de anfípodos registrada y su influencia puede estar relacionada con comportamientos de migración vertical y tolerancia a diferentes rangos de temperatura y salinidad.

Lista de referencias

- Almazán-Becerril, A., Rivas, D., and García-Mendoza, E. (2012). The influence of mesoscale physical structures in the phytoplankton taxonomic composition of the subsurface chlorophyll maximum off western Baja California. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 70, 91–102.
- Armstrong, J. L., Boldt, J. L., Cross, A. D., Moss, J. H., Davis, N. D., Myers, K. W., ... Haldorson, L. J. (2005). Distribution, size, and interannual, seasonal and diel food habits of northern Gulf of Alaska juvenile pink salmon, *Oncorhynchus gorbuscha*. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 52(1-2), 247–265.
- Baumgartner, T., Durazo, R., Lavaniegos, B., Gaxiola, G., Gómez, J., and García, J. (2008). Ten years of change from IMECOCAL observations in the southern region of the California Current Ecosystem. *GLOBEC International Newsletter*, 14(2), 43–54.
- Bjorkstedt, E. P., Goericke, R., McClatchie, S., Weber, E., Watson, W., Lo, N., ... Abell, J. (2011). State of the California Current 2010-2011: Regionally variable responses to a strong (but fleeting?) La Niña. *CalCOFI Rep*, 52, 36–68.
- Bjorkstedt, E. P., Goericke, R., McClatchie, S., Weber, E., Watson, W., Lo, N., ... Abell, J. (2012). State of the California Current 2011–2012: Ecosystems respond to local forcing as La Niña wavers and wanes. *CalCOFI Rep*, 53, 41–76.
- Bocher, P., Cherel, Y., Labat, J. P., Mayzaud, P., Razouls, S., and Jouventin, P. (2001). Amphipod-based food web: *Themisto gaudichaudii* caught in nets and by seabirds in Kerguelen waters, southern Indian Ocean. *Marine Ecology Progress Series*, 223, 261–276.
- Boening, C., Willis, J., Landerer, F., and Nerem, R. (2012). The 2011 La Niña: So strong, the oceans fell. *Geophysical Research Letters*, 39(19).
- Bowman, T. E. (1960). *The pelagic amphipod genus Parathemisto (Hyperidea: Hyperiididae) in the North Pacific and adjacent Arctic Ocean*. US National Museum, Smithsonian Institution.
- Bowman, T. E. (1973). *Pelagic amphipods of the genus Hyperia and closely related genera (Hyperidea: Hyperiididae)*. Smithsonian Institution Press
- Bowman, T. E. (1978). *Revision of the pelagic amphipod genus Primno (Hyperidea: Phrosinidae)*. Smithsonian Institution Press.

- Bowman, T. E., and Gruner, H. E. (1973). *The families and genera of Hyperiidea (Crustacea: Amphipoda)*. Smithsonian Institution Press.
- Brusca, G. J. (1967). The Ecology of pelagic Amphipoda, I. Species accounts, vertical zonation and migration of amphipoda from the waters off southern California. *Pacific Science*, 21, 382–393.
- Brusca, G. J. (1981). *Anotated keys to the Hyperiidea (Crustacea: amphipoda) of North American coastal water* (No. 5). Allan Hancock Foundation and the Institute.
- Bureau of Meteorology. (2012). Record-breaking La Niña events. An analysis of the La Niña life cycle and the impacts and significance of the 2010–11 and 2011–12 La Niña events in Australia. Recuperado el 07 de julio de 2013 de <http://www.bom.gov.au/climate/enso/history/ln-2010-12/>
- Clarke, K. R., and Warwick, R. M. (2001). Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Primer-E. Plymouth, UK. 172 p.
- Collins, M., Shreeve, R., Fielding, S., and Thurston, M. (2008). Distribution, growth, diet and foraging behaviour of the yellow-fin notothen *Patagonotothen guntheri* (Norman) on the Shag Rocks shelf (Southern Ocean). *Journal of Fish Biology*, 72(1), 271–286.
- Cornet, C., and Gili, J. M. (1993). Vertical distribution and daily migrations of hyperiid amphipods in the northern Benguela in relation to water column stratification. *Deep Sea Research Part I Oceanographic Research Papers*, 40(11-12), 2295–2306.
- Dalpadado, P., Borkner, N., Bogstad, B., and Mehl, S. (2001). Distribution of *Themisto* (Amphipoda) spp. in the Barents Sea and predator-prey interactions. *ICES Journal of Marine Science*, 58(4), 876–895.
- Dehn, L. A., Sheffield, G. G., Follmann, E. H., Duffy, L. K., Thomas, D. L., and O'Hara, T. M. (2006). Feeding ecology of phocid seals and some walrus in the Alaskan and Canadian Arctic as determined by stomach contents and stable isotope analysis. *Polar Biology*, 30(2), 167–181.
- Diebel, C. (1988). Observations on the anatomy and behavior of *Phronima sedentaria* (Forskål)(Amphipoda: Hyperiidea). *Journal of Crustacean Biology*, 8(1), 79–90.
- Durazo, R., and Baumgartner, T. (2002). Evolution of oceanographic conditions off Baja California: 1997–1999. *Progress in Oceanography*, 54(1), 7–31.
- Durazo, R., Gaxiola-Castro, G., Lavaniegos, B., Castro-Valdez, R., Gómez-Valdés, J., and Mascarenhas Jr, A. D. S. (2005). Oceanographic conditions west of the Baja California coast , 2002 – 2003 : A weak El Niño and subarctic water enhancement. *Ciencias Marinas*, 31(3), 537–552.

- Durazo, R., Ramírez-Manguilar, A.M Miranda, L. E., y Soto-Mardones, L. A. (2010). Climatología de variables hidrográficas. En G. Gaxiola-Castro y R. Durazo (Eds.), *Dinámica del Ecosistema Pelágico frente a Baja California, 1977–2007: Diez años de Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California* pp. 25–57. México, D.F: CICESE/UABC/INE.
- Fiedler, P. C. (1992). Seasonal climatologies and variability of Eastern Tropical Pacific surface waters. *NOAA Technical Report NMFS 109*, (April).
- Gasca, R. (2003). Hyperiid amphipods (Crustacea: Peracarida) in relation to a cold-core ring in the Gulf of Mexico. *Hydrobiologia*, 510(1-3), 115–124.
- Gasca, R. (2004). Distribution and abundance of hyperiid amphipods in relation to summer mesoscale features in the southern Gulf of Mexico. *Journal of Plankton Research*, 26(9), 993–1003.
- Gasca, R. (2007). Hyperiid amphipods of the Sargasso Sea. *Bulletin of Marine Science*, 81(1), 115–125.
- Gasca, R., and Franco-Gordo, C. (2008). Hyperiid Amphipods (Peracarida) from Banderas Bay, Mexican Tropical Pacific. *Crustaceana*, 81, 563–575.
- Gasca, R., Franco-Gordo, C., Godínez-Dominguez, E., and Suárez-Morales, E. (2012). Hyperiid amphipod community in the Eastern Tropical Pacific before, during, and after El Niño 1997-1998. *Marine Ecology Progress Series*, 455, 123–139.
- Gasca, R., and Haddock, S. H. D. (2004). Associations between gelatinous zooplankton and hyperiid amphipods (Crustacea: Peracarida) in the Gulf of California. *Hydrobiologia*, 530/531, 529–535.
- Gasca, R., Manzanilla, H., and Suarez-Morales, E. (2009). Distribution of hyperiid amphipods (Crustacea) of the southern Gulf of Mexico, summer and winter, 1991. *Journal of Plankton Research*, 31(12), 1493–1504.
- Gasca, R., and Suarez-Morales, E. (2004). Distribution and abundance of hyperiid amphipods (Crustacea: Peracarida) of the mexican Caribbean sea,(August 1986). *Caribbean Journal of Science*, 40(1), 23–30.
- Gasca, R., Suárez-Morales, E., and Haddock, S. H. D. (2007). Symbiotic associations between crustaceans and gelatinous zooplankton in deep and surface waters off California. *Marine Biology*, 151(1), 233–242.
- Gaxiola-Castro, G., Cepeda_morales, J., Nájera-Martínez, S., Espinosa-Carreón, T., De la Cruz- Orozco, M., Sosa-Avalos, R., ... Cantú-Ontiveros, J. (2010). Biomasa y producción de fitoplancton. En G. Gaxiola-Castro y R. Durazo (Eds.), *Dinámica del Ecosistema Pelágico frente a Baja California, 1977–2007: Diez años de Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California* pp. 59–85. México: CICESE/UABC/INE.

- GLOBEC, U. S. (1994). Eastern Boundary Current Program. A Science Plan for the California Current. *US GLOBEC Report*, 11, 134.
- González-Rodríguez, E., Trasviña-Castro, A., Gaxiola-Castro, G., Zamudio, L., and Cervantes-Duarte, R. (2012). Net primary productivity, upwelling and coastal currents in the Gulf of Ulloa, Baja California, México. *Ocean Science*, 8(4), 703–711.
- Hereu, C. M., Lavaniegos, B., Gaxiola-Castro, G., and Ohman, M. (2006). Composition and potential grazing impact of salp assemblages off Baja California during the 1997–1999 El Niño and La Niña. *Marine Ecology Progress Series*, 318, 123–140.
- Holm Hansen, O., Lorenzen, C. J., Holmes, R. W., and Strickland, J. D. (1965). Fluorometric determination of chlorophyll. *Journal Du Conseil*, 30(1), 3–15.
- Hu, Z.-Z., Kumar, A., Xue, Y., and Jha, B. (2014). Why were some La Niñas followed by another La Niña? *Climate Dynamics*, 42, 1029–1042.
- Jerónimo, G., y Gómez-Valdés, J. (2006). Promedios de temperatura y salinidad sobre una superficie isopícnica en la capa superior del océano frente a Baja California. *Ciencias Marinas*, 32(4), 663–671.
- Kim, W., Yeh, S.-W., Kim, J.-H., Kug, J.-S., and Kwon, M. (2011). The unique 2009-2010 El Niño event: A fast phase transition of warm pool El Niño to La Niña. *Geophysical Research Letters*, 38(15).
- Kurczyn, J. A., Beier, E., Lavín, M. F., and Chaigneau, A. (2012). Mesoscale eddies in the northeastern Pacific tropical-subtropical transition zone: Statistical characterization from satellite altimetry. *Journal of Geophysical Research*, 117(C10).
- Laval, P. (1980). Hyperiid amphipods as crustacean parasitoids associated with gelatinous zooplankton. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 18, 11–56.
- Lavaniegos, B. E. (2014). Pelagic amphipod assemblage associated with subarctic water off the West Coast of the Baja California peninsula. *Journal of Marine Systems*, 132, 1–12.
- Lavaniegos, B. E., Ambriz-Arreola, I., Hereu, C. M., Juménez-Peréz, L., Cadena-Ramírez, J., y García-García, P. (2010). Variabilidad estacional e interanual del zooplancton. En G. Gaxiola-Castro y R. Durazo (Eds.), *Dinámica del Ecosistema Pelágico frente a Baja California, 1977–2007: Diez años de Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California* pp. 87–126. México: CICESE/UABC/INE.
- Lavaniegos, B. E., and Hereu, C. M. (2009). Seasonal variation in hyperiid amphipod abundance and diversity and influence of mesoscale structures off Baja California. *Marine Ecology Progress Series*, 394, 137–152.

- Lavaniegos, B. E., Jiménez-Pérez, L. C., and Gaxiola-Castro, G. (2002). Plankton response to El Niño 1997–1998 and La Niña 1999 in the southern region of the California Current. *Progress in Oceanography*, 54, 33–58.
- Lavaniegos, B. E., and Ohman, M. D. (1999). Hyperiid amphipods as indicators of climate change in the California Current. In F. R. Schram and J. von Vaupel Klein (Eds.), *Crustaceans and the Biodiversity Crisis. Proceedings of the 4th International Crustacean Congress* pp. 489–509. Amsterdam.
- Lavaniegos, B. E., and Ohman, M. D. (2003). Long-term changes in pelagic tunicates of the California Current. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 50(14-16), 2473–2498.
- Lima, M., and Valentin, J. (2001). Preliminary results to the holistic knowledge of the Amphipoda Hyperiidea faunal composition off the Brazilian coast. *Journal of Plankton Research*, 23(5), 469–480.
- Lorz, H., and Percy, W. (1975). Distribution of Hyperiid Amphipods off the Oregon Coast. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 32(8), 1442–1447.
- Lynn, R., and Simpson, J. (1987). The California Current System: The seasonal variability of its physical characteristics. *Journal of Geophysical Research*, 92(C12), 12947–12966.
- Marinovic, B. B., Croll, D. A., Gong, N., Benson, S. R., and Chavez, F. P. (2002). Effects of the 1997–1999 El Niño and La Niña events on zooplankton abundance and euphausiid community composition within the Monterey Bay coastal upwelling system. *Progress in Oceanography*, 54, 265–277.
- Mostarda, E., Campo, D., Castriota, L., Esposito, V., Scarabello, M. P., and Andaloro, F. (2007). Feeding habits of the bullet tuna *Auxis rochei* in the southern Tyrrhenian Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 87(04), 1007.
- Parés-Sierra, A., López, M., y Pavía, E. G. (1997). Oceanografía física del océano Pacífico nororiental. *Contribuciones a la oceanografía física en México. Unión Geofísica Mexicana. Monografía*, (3), 1-24.
- Peterson, W. T., Keister, J. E., and Feinberg, L. R. (2002). The effects of the 1997–99 El Niño/La Niña events on hydrography and zooplankton off the central Oregon coast. *Progress in Oceanography*, 54, 381–398.
- Rasmusson, E. M., and Wallace, J. M. (1983). Meteorological aspects of the El Niño. *Science*, 222(4629), 1195–1202.
- Rebstock, G. A. (2003). Long-term change and stability in the California Current System: lessons from CalCOFI and other long-term data sets. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 50(14), 2583–2594.

- Reese, D. C., Miller, T. W., and Brodeur, R. D. (2005). Community structure of near-surface zooplankton in the northern California Current in relation to oceanographic conditions. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 52(1-2), 29–50.
- Repelin, R. (1978). Les amphipodes pélagiques du Pacifique occidental et central: biologie, écologie et relations trophiques avec la faune ichthyologique. *IRD Editions*, 86.
- Richoux, N. B. (2011). Trophic ecology of zooplankton at a frontal transition zone: fatty acid signatures at the subtropical convergence, Southern Ocean. *Journal of Plankton Research*, 33, 491–505.
- Roe, H. S. J. (1974). Observations on the diurnal vertical migrations of an oceanic animal community. *Marine Biology*, 28(2), 99–113.
- Sánchez-Lugo, A., Kennedy, J. J., and Berrisford, P. (2012). [Global Climate]surface temperature [in “State of the Climate in 2010”]. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(6), S36–S37.
- Satoh, K. (2004). Occurrence of *Phronima sedentaria* (Forskål, 1775) (Amphipoda, Hyperiid) in the Stomach of the *Longnose lancetfish*, *Alepisaurus ferox* (Lowe, 1833) (Aulopiformes, Alepisauroidei) in the North and Tropical Atlantic Ocean. *Crustaceana*, 77(6), 729–739.
- Schlitzer, R. (2013). Ocean data View. Recuperado de: <http://odv.awi.de>
- Schwing, F., Murphree, T., de Witt, L., and Green, P. (2002). The evolution of oceanic and atmospheric anomalies in the northeast Pacific during the El Niño and La Niña events of 1995–2001. *Progress in Oceanography*, 54, 459–491.
- Shedden, M., and Batten, S. D. (1995). Comparative study of sympatric populations of two hyperiid amphipods, *Primno johnsoni* and *P. evansi*, from the eastern North Atlantic Ocean. *Marine Biology*, 124(1), 43–50.
- Sheinbaum, J. (2003). Current theories on El Niño-Southern oscillation: a review. *Geofísica Internacional*, 42(3), 291–305.
- Shulenberger, E. (1977). Hyperiid amphipods from the zooplankton community of the north pacific central gyre. *Marine Biology*, 42, 375–385.
- Shulenberger, E. (1978). Vertical distributions, diurnal migrations, and sampling problems of hyperiid amphipods in the north pacific central gyre. *Deep Sea Research*, 25, 605–623.
- Shulenberger, E. (1982). Biological evidence for a split in the north pacific central gyre. *Deep Sea Research*, 29(3), 403–410.

- Siegel-Causey, D. (1982). factors determining the distribution of hyperiid amphipoda in the Gulf of California. Ph.D. thesis, University of Arizona, Tucson. p. 535.
- Simpson, J. H., and Hunter, J. R. (1974). Fronts in the Irish Sea. *Nature*, 250, 404–406.
- Singh, P., Chowdary, J., and Gnanaseelan, C. (2013). Impact of prolonged La Niña events on the Indian Ocean with a special emphasis on southwest Tropical Indian Ocean SST. *Global and Planetary Change*, 100, 28–37.
- Smith, P., and Richardson, S. (1979). *Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Soto-Mardones, L., Parés-Sierra, A., Garcia, J., Durazo, R., and Hormazabal, S. (2004). Analysis of the mesoscale structure in the IMECOCAL region (off Baja California) from hydrographic, ADCP and altimetry data. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 51, 785–798.
- Sugisaki, H., Terazaki, M., Wada, E., and Nemoto, T. (1991). Feeding habits of a pelagic amphipod, *Themisto japonica*. *Marine Biology*, 109, 241–244.
- Thiel, M., and Hinojosa, I. (2009). Peracarida – Anfípodos, Isópodos, Tanaidáceos and Cumáceos. In V. Häussermann and G. Försterra (Eds.), *Marine Benthic Fauna of Chilean Patagonia, Nature in Focus* (pp. 671–738). Chile.
- Thorne, P. W., Willett, K. M., Dolman, A. J., and Hall, B. D. (2012). [Global Climate] overview [in “State of the Climate in 2010”]Global climate. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(7), S7–S11.
- Thurston, M. H. (1976). The vertical distribution and diurnal migration of the crustacea amphipoda collected during the sond cruise, 1965 II. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 56(02), 383–470.
- Tranter, H. A. (1977). Further studies of plankton ecosystems in the Eastern Indian Ocean VII . Ecology of the Amphipoda. *Marine and Freshwater Research*, 28(5), 645–662.
- Valencia, B., Lavaniegos, B., Giraldo, A., and Rodríguez-Rubio, E. (2013). Temporal and spatial variation of hyperiid amphipod assemblages in response to hydrographic processes in the Panama Bight, eastern tropical Pacific. *Deep Sea Research I*, 73, 46–61.
- Valencia Ramirez, B. (2010). *Variación estacional del ensamble de anfípodos hipéridos en el Pacífico colombiano*. Tesis de maestría en ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. p 95.

- Venrick, E., Bograd, S. J., Checkley, D., Durazo, R., Gaxiola-Castro, G., Hunter, H., ... Smith, R. L. (2003). The state of the California Current, 2002-2003: tropical and subarctic influences vie for dominance. *CalCOFI Rep*, 44, 28–60.
- Venrick, E., and Hayward, T. L. (1984). Determining chlorophyll on the 1984 CalCOFI surveys. *CalCOFI Rep*, 25, 74–79.
- Vinogradov, G. (1999). Amphipoda. In D. Boltovskoy (Ed.), *Zooplankton of the South Atlantic Ocean*.
- Vinogradov, M., Volkov, A., and Semenova, T. (1996). *Hyperiid amphipods (Amphipoda, Hyperiidea) of the world oceans*. Science Publishers, Inc. Lebanon, USA. p 632.
- Yamada, Y., Ikeda, T., and Tsuda, A. (2004). Comparative life-history study on sympatric hyperiid amphipods (*Themisto pacifica* and *T. japonica*) in the Oyashio region, western North Pacific. *Marine Biology*, 145, 515–527.
- Yentsch, C. S., and Menzel, D. W. (1963). A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and phaeophytin by fluorescence. *Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts*, 10(3), 221–231.
- Zeidler, W. (1984). Distribution and Abundance of some Hyperiidea (Crustacea : Amphipoda) in Northern Queensland Waters. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*. 35, 285-305.
- Zhaoli, X., and Mei, J. (2006). Study on relation between distribution and environment of pelagic amphipods. *Acta Oceanologica Sinica*, 25, 112–120.
- Zhaoli, X. U. (2009). Statistical analysis on ecological adaptation of pelagic Amphipoda in the East China Sea, 28(6), 61–69.

Anexos

1. Ubicación geográfica y características de las estaciones de muestreo

Crucero	Estación	Latitud	Longitud	Mes	Día	Hora	Volumen filtrado (m ³)
1101	123,42	27.25	-114.99	2	1	18:18	565
1101	123,45	27.15	-115.18	2	1	12:46	594
1101	123,50	26.98	-115.51	2	1	07:57	655
1101	123,55	26.82	-115.83	2	1	03:36	625
1101	123,60	26.65	-116.15	1	31	23:21	630
1101	127,36	26.83	-114.23	2	2	04:31	559
1101	127,40	26.73	-114.49	2	2	07:57	629
1101	127,45	26.56	-114.81	2	2	11:32	543
1104	123,42	27.25	-114.99	4	25	13:00	431
1104	127,45	26.56	-114.81	4	24	16:46	614
1104	127,50	26.40	-115.13	4	24	10:31	507
1104	127,55	26.23	-115.45	4	24	06:05	611
1104	130,35	26.32	-113.81	4	22	20:45	603
1104	130,40	26.16	-114.13	4	23	02:52	632
1104	130,45	25.99	-114.45	4	23	07:15	621
1104	130,50	25.82	-114.77	4	23	11:15	499
1104	130,55	25.66	-115.09	4	23	17:00	594
1107	123,42	27.25	-114.99	7	17	10:21	588
1107	123,45	27.15	-115.18	7	17	12:51	501
1107	123,50	26.98	-115.51	7	17	18:43	683
1107	127,36	26.83	-114.23	7	16	22:16	640
1107	127,45	26.56	-114.81	7	16	12:07	457
1107	127,50	26.40	-115.13	7	16	07:26	666
1107	130,35	26.32	-113.81	7	14	20:25	586
1107	130,45	25.99	-114.45	7	15	05:29	725
1107	130,50	25.82	-114.77	7	15	09:40	438
1110	123,42	27.25	-114.99	10	17	15:49	616
1110	123,45	27.15	-115.18	10	17	12:48	603
1110	123,50	26.98	-115.51	10	17	07:05	596
1110	123,55	26.82	-115.83	10	17	02:07	609
1110	127,36	26.83	-114.23	10	18	01:38	745
1110	127,40	26.73	-114.49	10	18	04:40	645
1110	127,45	26.56	-114.81	10	18	08:30	710
1110	127,50	26.40	-115.13	10	18	12:59	578
1110	130,35	26.32	-113.81	10	19	23:30	688

2. Porcentaje de aporte de las especies a la similitud del 95% en los conglomerados de 2011 obtenidos mediante el análisis de SIMPER

Grupo	Estaciones	Especies	%simil	Grupo	Estaciones	Especies	%simil
1	1110-123.42	<i>P. brevides</i>	8.5	3	1107-123.50	<i>L. schizogeneios</i>	21
	1110-127.36	<i>L. schizogeneios</i>	8.49		1110-123.55	<i>E. minuta</i>	10.56
	1110-123.45	<i>P. ovoides/serratulus</i>	8.15			<i>H. stephensi</i>	10.14
	1110-127.45	<i>S. antennarius</i>	7.29			<i>P. gracilis</i>	8.85
		<i>L. bengalensis</i>	7.2			<i>H. stebbingi</i>	8.45
		<i>E. minuta</i>	5.49			<i>P. brevidens</i>	8.07
		<i>O. clausi</i>	5.41			<i>L. themistoides</i>	7.09
		<i>H. stephensi</i>	4.38			<i>P. sedentaria</i>	5.45
		<i>L. vespuliformes</i>	4.27			<i>S. antennarius</i>	5.45
		<i>P. gracilis</i>	4.25			<i>P. atlantica</i>	3.87
		<i>L. pulex</i>	3.58			<i>P. stebbingi/dunbari</i>	3.87
		<i>T. malmi</i>	3.34			<i>H. sibaginis</i>	3.6
		<i>V. stebbingi</i>	3.2				
		<i>P. atlantica</i>	3.08	4	1110-123.50	<i>P. brevidens</i>	20.05
		<i>R. whitei</i>	2.95		1110-127.50	<i>L. schizogeneios</i>	19.26
		<i>T. forcipatus</i>	2.55		1104-127.55	<i>E. minuta</i>	18.32
		<i>S. tullbergi</i>	2.41		1104-130.50	<i>S. antennarius</i>	11.72
		<i>H. sibaginis</i>	2.35		1107-123.42	<i>H. medusarum</i>	8.92
		<i>L. themistoides</i>	1.96		1107-123.45	<i>P. gracilis</i>	5.36
		<i>T. fusca</i>	1.62		1107-127.45	<i>S. tullbergi</i>	3.26
	<i>P. stebbingi/dunbari</i>	1.45	1107-127.36		<i>H. stephensi</i>	2.27	
	<i>V. australis</i>	0.96	1107-130.35		<i>V. armata</i>	2.1	
	<i>B. cruscolum</i>	0.86	1107-127.50		<i>T. malmi</i>	1.85	
	<i>Phrosinasemilunata</i>	0.85	1107-130.45	<i>P. ovoides/serratulus</i>	1.84		
	<i>Tetrathyrusarafuræ</i>	0.54	1104-127.50	<i>L. shoemakeri</i>	1.18		
			1104-130.40				
2	1104-130.55	<i>E. minuta</i>	29.74	1104-130.35			
	1101-123.55	<i>P. brevidens</i>	27.94	1104-123.42			
	1101-127.36	<i>L. schizogeneios</i>	16.4	1104-127.45			
	1107-130.50	<i>V. armata</i>	12.25				
	1101-127.40	<i>P. sedentaria</i>	4.35				
	1101-123.42	<i>P. ovoides/serratulus</i>	2.76				
	1101-123.45	<i>S. antennarius</i>	1.85				
1101-123.50							