



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS**



**CARACTERIZACIÓN DE LA TAXOCENOSIS DE  
ATLANTIDAE (GASTROPODA:  
PTEROTRACHEOIDEA) EN LA COSTA  
OCCIDENTAL DE LA PENÍNSULA DE BAJA  
CALIFORNIA (VERANO-OTOÑO DE 2015)**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRÍA EN CIENCIAS**

**EN**

**MANEJO DE RECURSOS MARINOS**

**PRESENTA**

**DANIEL DELGADO HOFMANN**

**LA PAZ, B.C.S., JUNIO DEL 2019**



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

## ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 14 del mes de Junio del 2019 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis titulada:

"CARACTERIZACIÓN DE LA TAXOCENOSIS DE ATLANTIDAE (GASTROPODA: PTEROTRACHEOIDEA)  
EN LA COSTA OCCIDENTAL DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA (VERANO-OTOÑO DE 2015)"

Presentada por el alumno:

DELGADO  
Apellido paterno

HOFMANN  
materno

DANIEL  
nombre(s)

Con registro: 

B	1	7	0	7	0	9
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA DEFENSA DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

### LA COMISION REVISORA

Director(a) de Tesis

DR. GERARDO ACEVES MEDINA

DR. SERGIO HERNÁNDEZ TRUJILLO

M en C. JOSÉ RICARDO PALOMARES GARCÍA

DRA. SYLVIA PATRICIA ADELHEID JIMÉNEZ ROSENBERG

M en C. ALEJANDRO TRINIDAD HINOJOSA MEDINA

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

DR. SERGIO HERNÁNDEZ TRUJILLO





**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**CARTA CESIÓN DE DERECHOS**

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 20 del mes de Junio del año 2019

El (la) que suscribe BIÓL. DANIEL DELGADO HOFMANN Alumno (a) del Programa

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

con número de registro B170709 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

manifiesta que es autor(a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:

DR. GERARDO ACEVES MEDINA

y cede los derechos del trabajo titulado:

"CARACTERIZACIÓN DE LA TAXOCENOSIS DE ATLANTIDAE (GASTROPODA: PTEROTRACHEOIDEA)

EN LA COSTA OCCIDENTAL DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA (VERANO-OTOÑO DE 2015)"

al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: hofmann.2107@gmail.com - gaceves@ipn.mx

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

BIÓL. DANIEL DELGADO HOFMANN

*Nombre y firma del alumno*

## **Dedicatoria**

### **A mi madre Alicia Hofmann Ortega y a mi tía María Eugenia Hofmann Ortega**

Por toda la insistencia que tuvieron conmigo para enseñarme que lo importante en la vida es crecer como persona y que las barreras que se nos presentan están para superarlas. Por darme ánimos siempre de que nunca es tarde para cumplir cualquier sueño y que con sacrificio, dedicación y trabajo todo se consigue. Por su apoyo en unos de los momentos más difíciles en mi vida: estar lejos de la familia, y por el amor incondicional que me han brindado a pesar del tiempo y la distancia.

### **A mi novia Ofelia Collins Amador**

Por el apoyo y por estar siempre atenta y dispuesta a escucharme en los momentos más complicados, cuando todo parecía que se torcía, tú con el entusiasmo que te caracteriza lograste llenarme de esperanza. Por ayudarme a seguir adelante en este camino junto a ti y ser mi confidente en todo momento. Fuiste un pilar muy importante en el desarrollo final de la tesis. Gracias amor.

## **Agradecimientos**

En primer lugar, quisiera agradecer a toda mi familia, por el ánimo y los buenos consejos brindados en todo momento. Por su apoyo incondicional a pesar de estar lejos de ellos, ya que siempre me han ayudado a echar para adelante y ser fuerte cada día más para lograr todas mis metas.

Quisiera agradecer a las autoridades, personal académico y administrativo del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN), por el apoyo otorgado para el desarrollo de este trabajo y de mi desarrollo académico. A la beca otorgada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por apoyarme económicamente a través de sus becas y permitir la realización de la maestría.

A mi director de tesis Dr. Gerardo Aceves Medina por su comprensión y disponibilidad en todo momento. Reconozco que no fue fácil tener a un alumno tan inquieto, sin embargo, tuvo la paciencia para buscar soluciones a todo lo que le proponía. Gracias por guiarme en lo profesional. Me enseñó que un director no solo está para el trabajo, gracias por hacer de todos tus alumnos una familia. Por enseñarme tantas cosas durante el desarrollo de este proyecto y por ayudarme en mi desarrollo académico.

A mi comité revisor integrado por el Dr. Sergio Hernández Trujillo, la Dra. Sylvia Patricia Adelehid Jiménez Rosenberg, el M. en C. José Ricardo Palomares García y el M. en C. Alejandro Trinidad Hinojosa Medina por sus valiosas sugerencias y comentarios realizados para mejorar este trabajo. Por su compromiso y disposición.

A la M. en C. María Moreno Alcántara por todo su apoyo brindado durante mi aprendizaje en la identificación de especies de Atlantidae y el análisis de datos.

Al Dr. Jaime Gómez por sus comentarios y la ayuda que me brindo en todo momento en cualquier situación que le presentaba. También quiero reconocer las asesorías brindadas por el Biol. Martín Hernández Rivas para la interpretación de cuestiones

oceanográficas y ecológicas, así como al Dr. Raymundo Avendaño Ibarra y a la Dra. Roxana De Silva Dávila por los cursos impartidos para el diseño de mapas en Surfer los cuales me ayudaron a la realización de una gran parte de este trabajo.

A todo el personal e instituciones que participaron activamente durante el desarrollo del crucero BIPOCO-1509, pieza clave para la obtención de los datos ambientales y biológicos empleados en el presente estudio.

Al Departamento de Ictioplancton por el apoyo incondicional brindado por todos de manera directa e indirecta, porque fueron de mucha ayuda en el desarrollo de esta tesis también por sus consejos y observaciones brindadas.

Al equipo de oceanógrafos-planctólogos (OGETEZ): Gerardo Aceves, María Moreno, Gabriela Uribe, Rubén García y Airam Sarmiento por cada consejo brindado por cada uno de ustedes para mejorar y poder realizar esta tesis. De verdad gracias por su tiempo.

A mis compañeros Ulises Amador, Alexander Lopeztegui, Damián Álvarez, Laura María Pantoja, Zenia Pérez Falls, Enriette Ledesma, los cuales me han ayudado en todo momento con la desde el principio de este camino y me han brindado mucha ayuda y apoyo para culminar esta tesis, muchísimas gracias a todos de verdad.

A todos aquellos que de una forma u otra han colaborado con la terminación de esta tesis.

¡Mil gracias a todos!!!

## Índice General

Índice de tablas.....	i
Índice de figuras.....	ii
Índice de anexos.....	iv
Glosario.....	vi
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
1. Introducción.....	1
2. Antecedentes.....	6
3. Justificación.....	8
4. Hipótesis.....	10
5. Objetivo.....	10
5.1. Objetivo general.....	10
5.2. Objetivos específicos.....	10
6. Materiales y Métodos.....	12
6.1. Área de estudio.....	12
6.2. Trabajo de campo.....	14
6.3. Trabajo de laboratorio.....	15
6.4. Análisis de datos.....	15
7. Resultados.....	19
7.1 Caracterización del ambiente.....	19
7.1.1 Análisis de componentes principales.....	19
7.1.2 Temperatura y salinidad.....	20
7.1.3 Capa de mezcla.....	20
7.1.4 Clorofila-a.....	20
7.1.5. Volumen de zooplancton.....	20
7.1.6. Masas de agua.....	24
7.1.7. Flujo geostrófico.....	25

7.2. Composición faunística.....	26
7.3. Caracterización ecológica.....	29
7.3.1. Abundancia.....	29
7.3.2. Diversidad, Riqueza y Equidad.....	31
7.4. Distribución geográfica.....	33
7.5. Efecto de las variables ambientales.....	40
7.6. Asociaciones.....	49
8. Discusión.....	52
8.1. Caracterización del ambiente.....	52
8.2. Composición faunística.....	58
8.3. Caracterización ecológica.....	61
8.3.1. Abundancia, distribución e índices comunitarios.....	61
8.4. Efecto de las variables ambientales.....	64
8.5. Asociaciones.....	65
9. Conclusiones.....	67
10. Recomendaciones.....	69
11. Literatura citada.....	70
12. Anexos.....	88

## Índice de tablas

Tabla 1.- Listado taxonómico y abundancia (Ar) y frecuencia relativa (Fr) para las especies de la familia Atlantidae encontradas en el crucero BIPOCO-1509 realizado en Septiembre-Noviembre del 2015. Las que presentaron valores de abundancia mayores a 2% están en el cuadro rojo.....	27
Tabla 2.- Resultados del análisis de correspondencia canónica para la costa occidental de la península de Baja California.....	40
Tabla 3.- Resultados del análisis de correspondencia canónica para la región al norte de Punta Eugenia.....	43
Tabla 4.- Resultados del análisis de correspondencia canónica para la región al sur de Punta Eugenia.....	46

## Índice de figuras

Figura 1. Área de estudio y estaciones de muestreo para verano-otoño de 2015.....	12
Figura 2. Análisis de Componentes Principales, variables ambientales vs estaciones. Los puntos rojos corresponden a las estaciones norteñas y los puntos verdes a las estaciones sureñas.....	19
Figura 3. Distribución espacial de temperatura superficial del mar (a), salinidad superficial (b), y profundidad de la capa de mezcla (c). Los puntos negros representan las estaciones muestreadas.....	22
Figura 4. Distribución de la clorofila-a (a) y del volumen de zooplancton (b). Los puntos negros representan las estaciones muestreadas.....	23
Figura 5. Diagramas de temperatura-salinidad al norte (a) y sur (b) de Punta Eugenia, para verano-otoño de 2015. SAW= Agua Subártica, TSW = Agua Tropical Superficial, TrW= Agua Transicional, StSW = Agua Subtropical Superficial, ESsW= Agua Ecuatorial Subsuperficial, NIPW= Agua Intermedia del Pacífico. Clasificación de las masas de agua basada en Durazo & Baumgartner (2002) .....	24
Figura 6. Corrientes geostróficas superficiales con la anomalía promedio del nivel medio del mar. La escala de colores refleja la anomalía del nivel medio del mar (MSLA).....	25
Figura 7. Abundancia relativa por especies de la familia Atlantidae encontrados en la costa occidental de Baja California Sur para verano-otoño de 2015. Las barras negras son las especies más abundantes tomando como criterio aquellas que estuvieron por encima del 2% de la abundancia total.....	30
Figura 8. Distribución de diversidad de Shannon (a), la escala representa bits/especie; riqueza de especies (b), la escala señala el número de especies por estación y equidad de Pielou (c), la escala representa la proporción de la diversidad observada en la costa occidental de la Península de Baja California (verano-otoño de 2015).....	32
Figura 9. Abundancia total de las especies de la Familia Atlantidae.....	33
Figura 10. Distribución de A) <i>Atlanta oligogyra</i> , B) <i>Atlanta inflata</i> , C) <i>Atlanta helicoidea</i> , D) <i>Atlanta turriculata</i> durante verano-otoño de 2015. La escala representa org/m <sup>3</sup> .....	34

Figura 11. Distribución de <i>Protatlanta souleyeti</i> (A), <i>Atlanta brunnea</i> (B) y <i>Atlanta peronii</i> (C) durante verano-otoño de 2015. La escala representa org/m <sup>3</sup> .....	35
Figura 12. Distribución de A) <i>Atlanta californiensis</i> , B) <i>Atlanta rosea</i> , C) <i>Atlanta fragilis</i> durante verano-otoño de 2015. La escala representa org/m <sup>3</sup> .....	36
Figura 13. Distribución de A) <i>Atlanta lesueurii</i> , B) <i>Atlanta echinogyra</i> , C) <i>Atlanta plana</i> y D) <i>Atlanta frontieri</i> durante verano-otoño de 2015. La escala representa org/m <sup>3</sup> ....	37
Figura 14. Distribución de A) <i>Atlanta inclinata</i> , B) <i>Atlanta gibbosa</i> y C) <i>Oxygyrus inflatus</i> durante verano-otoño de 2015. La escala representa org/m <sup>3</sup> .....	38
Figura 15. Distribución de A) <i>Atlanta tokiokai</i> y B) <i>Atlanta</i> sp.1 durante verano-otoño de 2015. La escala representa org/m <sup>3</sup> .....	39
Figura 16. Diagrama de dispersión del eje 1 vs. eje 2 obtenidos por medio del CCA para la costa occidental de la península de Baja California.....	41
Figura 17. Diagrama de dispersión del eje 1 vs. eje 2 obtenidos por medio del CCA para la costa occidental de la península de Baja California. Los puntos azules representan las estaciones norteñas y los puntos rojos las estaciones sureñas.....	42
Figura 18. Diagrama de dispersión del eje 1 vs. eje 2 obtenidos por medio del CCA para la región al norte de Punta Eugenia.....	44
Figura 19. Diagrama de dispersión del eje 1 vs. eje 2 obtenidos por medio del CCA para la región al norte de Punta Eugenia. Los puntos azules vacíos representan las estaciones costeras y los puntos azules rellenos las estaciones oceánicas.....	45
Figura 20. Diagrama de dispersión del eje 1 vs. eje 2 obtenidos por medio del CCA para la región al sur de Punta Eugenia.....	47
Figura 21. Diagrama de dispersión del eje 1 vs. eje 2 obtenidos por medio del CCA para la región al sur de Punta Eugenia. Los puntos rojos vacíos representan las estaciones costeras y los puntos rojos rellenos las estaciones oceánicas.....	48
Figura 22. Análisis de cluster de 2 vías. La línea negra indica el corte al 38% de similitud.....	50
Figura 23. Mapa de contorno de los grupos de estaciones formadas a partir del análisis de cluster de 2 vías para la costa occidental de la península de Baja California.....	51

## Índice de anexos

Anexo 1. Distribución de <i>A. fragilis</i> (A) a nivel mundial y <i>A. fragilis</i> (B). El punto azul representa donde se había registrado por primera vez, el punto rojo representa donde se encontró en este estudio y los puntos negros los registros en los océanos Atlántico, Pacífico e Índico.....	88
Anexo 2. Distribución de <i>A. rosea</i> (A) a nivel mundial y <i>A. rosea</i> (B). El punto azul representa donde se había registrado por primera vez, el punto rojo representa donde se encontró en este estudio y los puntos negros los registros en los océanos Atlántico, Pacífico e Índico.....	88
Anexo 3. Distribución de <i>A. helicinoidea</i> (A) a nivel mundial y <i>A. helicinoidea</i> (B). El punto azul representa el registro en el Golfo de California y el punto rojo representa donde se encontró en este estudio y los puntos negros los registros en los océanos Atlántico, Pacífico e Índico.....	89
Anexo 4. Distribución de <i>A. brunnea</i> (A) a nivel mundial y <i>A. brunnea</i> (B). El punto azul representa el registro en el Golfo de California y el punto rojo representa donde se encontró en este estudio y los puntos negros los registros en los océanos Atlántico, Pacífico e Índico.....	89
Anexo 5. Distribución de <i>A. tokiokai</i> (A) a nivel mundial y <i>A. tokiokai</i> (B). El punto azul representa el registro en el Golfo de California y el punto rojo representa donde se encontró en este estudio y los puntos negros los registros en los océanos Atlántico, Pacífico e Índico.....	90
Anexo 6. Distribución de <i>A. frontieri</i> (A) a nivel mundial y <i>A. frontieri</i> (B). El punto azul representa el registro en el Golfo de California y el punto rojo representa donde se encontró en este estudio y los puntos negros los registros en los océanos Atlántico, Pacífico e Índico.....	90
Anexo 7. Distribución de <i>A. echinogyra</i> (A) a nivel mundial y <i>A. echinogyra</i> (B). El punto azul representa el registro en el Golfo de California y el punto rojo representa donde se encontró en este estudio y los puntos negros los registros en los océanos Atlántico, Pacífico e Índico.....	91
Anexo 8. Distribución de <i>A. plana</i> (A) a nivel mundial y <i>A. plana</i> (B). El punto azul representa el registro en el Golfo de California y el punto rojo representa donde se	

encontró en este estudio y los puntos negros los registros en los océanos Atlántico, Pacífico e Índico.....91

Anexo 9. Distribución de *A. gibbosa* (A) a nivel mundial y *A. gibbosa* (B). El punto azul representa el registro en el Golfo de California y el punto rojo representa donde se encontró en este estudio y los puntos negros los registros en los océanos Atlántico, Pacífico e Índico.....92

Anexo 10. Distribución de *O. inflatus* (A) a nivel mundial y *O. inflatus* (B). El punto azul representa el registro en el Golfo de California y el punto rojo representa donde se encontró en este estudio y los puntos negros los registros en los océanos Atlántico, Pacífico e Índico.....92

## **Glosario**

**Abundancia:** Número total de individuos de una o más especies presentes en un área definida.

**Abundancia relativa:** Número de organismos de un taxón, relacionado con el número total de individuos de todos los demás taxa.

**Afinidad biogeográfica:** Adecuación de caracteres que presenta una especie a una región biogeográfica particular que, por sus características geológicas y climáticas, la fauna comparte caracteres comunes.

**Anomalía:** Término empleado para denotar la diferencia ya sea positiva o negativa de una variable con respecto al promedio.

**Anticiclónico:** Es el sentido de movimiento de fenómenos oceánicos y atmosféricos, contrario a la dirección de los ciclones y a la rotación de la tierra; en el mismo sentido de las manecillas del reloj en el hemisferio norte y en sentido contrario en el hemisferio sur.

**Biogeografía:** Es la rama de la biología que estudia la distribución de los seres vivos sobre la Tierra, así como los procesos que la han originado, que la modifican y que la pueden hacer desaparecer.

**Biomasa:** Cantidad de materia orgánica que forma parte de los organismos. Se expresa en unidades de volumen, de peso fresco o peso seco, o en unidades de energía.

**Ciclónico:** Es el sentido de giro de un fluido igual al de los ciclones y al de la tierra; en sentido contrario de las manecillas del reloj en el hemisferio norte y en el mismo sentido en el hemisferio sur.

**Comunidad:** conjunto de poblaciones de diferentes especies que interactúan entre sí en un espacio definido.

**Dextrógiro:** Gira en el mismo sentido que las agujas del reloj, referido en malacología a la apertura opercular.

**Diversidad:** Número de especies de una comunidad o muestra; riqueza de especies o medida del número de especies y su abundancia relativa en la comunidad.

**El Niño:** Modo de variación ambiental interanual de intensidad variable, con una ocurrencia de 3 a 7 años y una duración de 12 a 18 meses. Consiste en un desequilibrio océano-atmosférico en donde la presión atmosférica cambia, provocando el debilitamiento de los vientos alisios del Este, por lo que favorece una invasión anormal de aguas cálidas del trópico hacia latitudes altas, afectando principalmente las costas del Pacífico Oriental.

**Equidad:** Propiedad de una comunidad que se relaciona con la uniformidad de la distribución de individuos entre las especies o de sus abundancias relativas.

**Holoplancton:** Organismos (autótrofos y heterótrofos) cuyos movimientos horizontales son dependientes de la dirección y fuerza de las corrientes y que presentan un ciclo de vida completamente pelágico.

**Masas de agua:** Un volumen de agua usualmente identificado por valores típicos de temperatura y salinidad que le son característicos y que permiten distinguirlo de las aguas circundantes.

**Pelágico:** Se refiere a los organismos que viven en la columna de agua, independientes del fondo oceánico.

**Plancton:** Conjunto de organismos pelágicos de pequeño tamaño (< 3 cm) que derivan pasivamente o nadan débilmente en las masas de agua.

**Surgencia:** Ascenso de aguas superficiales, más frías y con mayor concentración de nutrientes, que reemplazan las aguas superficiales en zonas restringidas del océano. Las surgencias más importantes que se presentan en el océano son las llamadas surgencias costeras, las cuales son provocadas por vientos hacia el ecuador en los océanos con frontera oriental.

**Taxocenosis:** Parte de la comunidad definida por su pertenencia a determinado grupo taxonómico y que concurren en un determinado tiempo y espacio.

**Variable ambiental:** Descriptor físico, químico, geológico y/o biológico que permite describir el ambiente.

**Zooplankton:** Animales que forman parte del plancton. Comunidad de animales que flotan libremente en el agua, incapaces de moverse en contra de las corrientes.

## Resumen

Los moluscos holoplanctónicos tienen un ciclo de vida completamente pelágico circunglobal que habitan principalmente ambientes tropicales-subtropicales. Son importantes en la transferencia de energía de la columna de agua y son útiles como indicadores biológicos y de masas de agua. El objetivo de este trabajo fue determinar la composición de las asociaciones de especies de la familia Atlantidae de la costa occidental de la Península de Baja California en verano-otoño 2015, y el efecto de distintas variables hidrográficas, en su distribución y abundancia. Las muestras analizadas se obtuvieron a partir de arrastres oblicuos de zooplancton. Se encontraron 16 de las 18 especies registradas en el Pacífico. Este trabajo aporta datos importantes para la biogeografía ya que se registran ampliaciones de distribución para *Atlanta helicinoidea*; *A. brunnea*; *A. tokiokai*; *A. frontieri*; *A. echinogyra*; *A. gibbosa*; *A. plana* y *Oxygyrus inflatus*. Se presentan además dos nuevos registros para el Pacífico Americano de las especies *A. fragilis* (Océano Atlántico) y *A. rosea* (Mar de China). Se encontró una alta abundancia de Atlantidae tanto en la zona oceánica como en la nerítica, por lo que se corrige el conocimiento previo de que son organismos casi exclusivamente oceánicos. Se determinó que la alta diversidad de especies en la zona de estudio es consecuencia de la zona de transición faunística (provincias Mexicana y San Dieguina) y de que la mayoría de ellas son de afinidad tropical-subtropical y las condiciones imperantes durante el verano y otoño de 2015 estuvieron dominadas por la presencia de El Niño 2015-2016. El análisis de correspondencia canónica mostró que la distribución de las especies al norte de Punta Eugenia estuvo determinada principalmente por variables biológicas mientras que al sur fueron las variables físicas, dividiendo claramente estas dos regiones. Tres grupos de Atlantidae definen también ambas regiones: uno norteño costero, otro norteño oceánico y uno sureño, basados en la disposición de las masas de agua y corrientes geostroficadas.

**Palabras Claves:** Atlantidae, masas de agua, moluscos holoplanctónicos, pelágicos; taxocenosis.

## Abstract

The holoplankton molluscs have a circumglobal pelagic life cycle, inhabiting mainly tropical-subtropical latitudes. They are important in the transfer of energy from the water column and are useful as biological and water masses indicators. Due to the scarce information of this group, the objective is to determine the composition of the species associations of the Atlantidae family of the western coast of the Baja California Peninsula in summer-autumn 2015, and the effect of hydrographic variables, in its distribution and abundance. The analyzed samples were obtained from oblique zooplankton trawls. Sixteen of the 18 species recorded in the Pacific were found. This work provides important data for biogeography since there are distribution extensions for *Atlanta helicinoidea*; *A. brunnea*; *A. tokiokai*; *A. frontieri*; *A. echinogyra*; *A. gibbosa*; *A. plana* and *Oxygyrus inflatus*. Additionally, two new records for the American Pacific are presented, *A. fragilis* (Atlantic Ocean) and *A. rosea* (China Sea). High abundances of Atlantidae were found both in the neritic zone and in the oceanic zone, adding to the knowledge that Atlantidae are not almost exclusively of oceanic distribution. It was determined that the high diversity of species in the study area is a consequence of the faunal transition area of two main biogeographic provinces (Mexicana and San Dieguina), and to the fact that most of the species of this group are of tropical-subtropical affinity added to the prevailing El Niño 2015-2016 conditions in the area during this study. The canonical correspondence analysis showed that the distribution of the species north of Punta Eugenia was determined mainly by biological variables while in the south were the physical variables. The Atlantidae also showed this north-south regionalization forming 3 groups: one northern coastal, one northern oceanic and one southern, based on the arrangement of water masses and geostrophic currents.

**Key words:** Atlantidae, water masses, holoplankton molluscs, pelagic; taxocenosis.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los moluscos holoplanctónicos poseen un ciclo de vida completamente pelágico, son menores a 500  $\mu\text{m}$  y sus movimientos horizontales dependen de la dirección y fuerza de las corrientes (Lalli y Gilmer, 1989; Brusca y Brusca, 2005; Castro y Huber, 2007). Se distribuyen en todos los mares del mundo, pero principalmente áreas tropicales y subtropicales entre los 45° Norte y 45° Sur (Spoel *et al.*, 1997). Su distribución batimétrica va de superficie a poco más de 1000 m, con mayores densidades entre 100 y 200 m (Wormelle, 1962; Lalli & Gilmer, 1989).

Estos organismos pertenecen al Phylum Mollusca, Clase Gastropoda, Subclase Caenogastropoda, Orden Littorinimorpha, Superfamilia Pterotracheoidea con tres familias: Carinariidae, Pterotracheidae y Atlantidae (Seapy, 2011; Gofas, 2015b). La familia Atlantidae es la más abundante y diversa (Richter y Seapy, 1999) y contiene tres géneros: *Oxygyrus* con una sola especie, *Protatlanta* con dos especies y *Atlanta* con 20 especies (Seapy, 2011; Wall-Palmer *et al.*, 2016a, b). A nivel mundial hay registradas 23 especies de Atlantidae (Seapy, 2011; Wall-Palmer *et al.*, 2016 a, b), de las cuales 18 se distribuyen en México (Angulo-Campillo *et al.*, 2011, Moreno-Alcántara, 2014). Los Atlantidae se caracterizan por tener conchas aragoníticas enrolladas dextrógiramente en las que el cuerpo blando puede retraerse completamente, con una quilla que se extiende a lo largo del eje exterior y un opérculo quitinoso que está unido al pie (Lalli & Gilmer, 1989).

Estos organismos tienen un papel ecológico importante en los ecosistemas pelágicos ya que realizan grandes migraciones verticales diarias que los hacen importantes en la transferencia de energía a través de la columna de agua (Spoel & Dadon, 1999; Castro & Huber, 2007), siendo el alimento a especies de importancia ecológica (Ralph, 1957; Lalli & Gilmer, 1989) y de importancia comercial (Russell, 1960; Lewis, 1962; Richter, 1982; y Nomura & Davis, 2005; Wang, Mackenzie & Jeffs, (2014). También son depredadores activos de copépodos, larvas de peces, salpas, medusas, ctenóforos y algunos Pterópodos (Lalli & Gilmer, 1989).

La mayoría de las especies viven principalmente en la región circumglobal de aguas cálidas (Thiriot-Quievreux, 1973; de Vera & Seapy, 2006; Wall-Palmer *et al.*, 2016 c), aunque hay muy pocos casos que muestran a estas especies dentro de las zonas de transición y en las regiones de aguas frías (Howard *et al.*, 2011; Wall-Palmer *et al.*, 2014). En general se conoce muy poco sobre la distribución de los Atlantidae y los efectos que las variables ambientales tienen en ella (Wall-Palmer *et al.*, 2016c). Un aspecto de controversia importante con respecto a la ecología de los Atlantidae es su preferencia por aguas oceánicas o neríticas. Algunos autores como Seapy (2008) y Ossenbrügger (2010) las han reportado como abundantes en la zona oceánica contrario a lo encontrado por Moreno-Alcántara (2012) que los ha reportado también en la zona costera.

A pesar de que los Atlantidae de la región sur de la Corriente de California, frente a la Península de Baja California no ha sido estudiada para este grupo de organismos, es posible establecer que la composición de especies y su distribución estará relacionada de manera directa con las condiciones oceanográficas propias de la región particularmente en lo que se refiere a masas de agua, corrientes, surgencias, remolinos de mesoescala que han mostrado tener efectos marcados en otras comunidades del plancton (López-Ibarra & Palomares-García, 2006; Urías-Leyva *et al.*, 2011; Cruz, 2012; Lavaniegos *et al.*, 2015; Muriel-Hoyos, 2016).

La variabilidad interanual de la distribución y abundancia de los Atlantidae también se ha estudiado poco. Algunas especies como *A. gaudichaudi*, *A. peronii*, *A. lesuerii* han sido utilizadas como indicadores de eventos cálidos, mostrando una alta abundancia durante la presencia de eventos El Niño (Cruz, 1996, 1998 y 2012). En este sentido, la costa occidental de la península de Baja California presenta una fuerte variabilidad oceánica interanual. Una de las más importante es la de El Niño Oscilación del Sur (ENOS), el cual provoca cambios en las propiedades físicas y los procesos del ecosistema. Durante eventos cálidos (e.g., El Niño), se registran anomalías positivas en el nivel del mar, la temperatura y la salinidad (Durazo & Baumgartner, 2002), así

como un incremento en la estratificación de la columna de agua, un hundimiento de la termoclina y nutriclina (Espinosa-Carreón *et al.*, 2004), calentamiento de la capa de la mezcla, y un incremento del flujo geostrófico hacia los polos (Huyer & Smith, 1985), reduciéndose de esta manera el aporte de nutrientes disponibles para el fitoplancton en la zona eufótica y trayendo consigo el consecuente decremento en la producción zooplanctónica (Chávez *et al.*, 2002; Lavaniegos *et al.*, 2002; 2015). Además, ocurre un cambio en la composición, distribución y abundancia de especies locales y mayor abundancia del componente tropical (Lavaniegos, 2009; Cavole *et al.*, 2016; Lavaniegos *et al.*, 2015).

Durante el período de verano-otoño del 2015, tuvieron lugar varios eventos climáticos que afectaron de manera diferente el Sistema de la Corriente de California (Leising *et al.*, 2015; McClatchie *et al.*, 2016; Chao *et al.*, 2017). El primero fue un evento inusual que ocurrió entre 2013 y 2016, que se corresponde al incremento anómalo de temperatura en la capa superior del océano en el Pacífico nororiental (The Blob o “La Mancha”), causado por una disminución del enfriamiento superficial del océano y por un debilitamiento de los vientos (Bond *et al.*, 2015, Amaya *et al.*, 2016, Gentemann *et al.*, 2017). Este comenzó en invierno de 2013 en el Golfo de Alaska y se extendió gradualmente de manera que en 2015 alcanzó regiones frente a California y Baja California (Bond *et al.*, 2015; Kintish, 2015; Peterson *et al.*, 2015). Este fenómeno sin precedentes se intensificó resultando en una ola cálida de persistencia multianual que se prolongó hasta 2016 (Di Lorenzo & Mantua, 2016; Jacox *et al.*, 2016; Gentemann *et al.*, 2017; Wells *et al.*, 2017).

Otro evento de calentamiento que estuvo presente en la región durante este periodo fue la Anomalía Cálida del Sur de California, que tuvo una extensión geográfica distinta al fenómeno anteriormente descrito para el Pacífico Nororiental. Este fenómeno se describió como una banda de agua cálida superficial a lo largo del talud continental en la primavera de 2014 y luego se intensificó gradualmente hasta la primavera del siguiente año, llegando hasta la Bahía del Sur de California (Leising *et al.*, 2015).

El último evento que ocurrió en este período fue hacia mediados de 2015, en el cual las anomalías térmicas estaban bastante extendidas en el Pacífico nororiental, asociadas a la formación de un evento El Niño en agosto de 2015 dentro del Sistema de la Corriente de California (Cavole *et al.* 2016). Este fenómeno recibió el nombre de "El Niño Godzilla", debido a la transición de las condiciones cálidas preexistentes por la presencia de La Mancha. Las condiciones anómalas durante la sucesión de los eventos La Mancha y El Niño Godzilla ocasionaron cambios importantes en las condiciones hidrográficas y tróficas del Sistema de la Corriente de California (Leising *et al.*, 2015, McClatchie *et al.*, 2016). No se ha hecho ningún estudio en México sobre cómo afectaron este tipo de eventos la distribución y abundancia de los Atlantidae.

La respuesta del zooplancton en el Sistema de Corriente de California ante fenómenos El Niño es diferente entre taxones y depende de las afinidades a masas de agua, de la tolerancia de los organismos a los cambios de temperatura y la disponibilidad de alimento. Sin embargo, entre las consecuencias más notables se encuentran la disminución de la productividad primaria y la invasión de especies de afinidad tropical (McGowan 1985, Lavaniegos-Espejo *et al.* 2002). En pasados eventos fuertes de El Niño (1958-1959, 1982-1983, 1997-1998) muchas especies normalmente distribuidas en latitudes tropicales tendieron a desplazarse hacia zonas templadas (Smith, 1985).

Debido a los procesos oceanográficos descritos para la costa occidental de la península de Baja California antes y durante el período de estudio, que determinaron condiciones de calentamiento y tropicalización para algunos grupos taxonómicos del ecosistema pelágico de la Corriente de California, así como a la naturaleza transicional del área de estudio entre biotas tropicales y templadas (Lavaniegos *et al.*, 2015; Leising *et al.*, 2015; Cavole *et al.*, 2016; McClatchie *et al.*, 2016) y debido a la cantidad mayoritaria de especies tropicales-subtropicales que componen al grupo de los Atlantidae, esperamos una taxocenosis de moluscos holoplanctónicos muy diversa, mayoritariamente de afinidad tropical-subtropical, cuya distribución estará asociada a los gradientes latitudinales que determinan la separación de comunidades templadas

de las tropicales-subtropicales observadas en otros grupos del zooplancton al norte y sur de Punta Eugenia.

## 2. Antecedentes

Los primeros registros de moluscos holoplanctónicos del género *Atlanta* en la costa occidental de Baja California fueron realizados por McGowan (1967) quien publicó el estudio más relevante en la zona, en el Atlas 6 de la serie CalCOFI (California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations), donde se registraron siete especies de Atlantidae. Sánchez-Hidalgo (1989) realizó un estudio sobre la taxocenosis de moluscos holoplanctónicos en la costa occidental de Baja California Sur, en la zona de Bahía Magdalena y encontró a *A. peronii* como el heterópodo más abundante. Este estudio relacionó la distribución y abundancia de las especies con la temperatura y salinidad superficial y encontró siete tipos de comunidades cuyo patrón delimitó zonas con diferentes condiciones ecológicas. En el Golfo de California, Angulo-Campillo *et al.* (2009) registró 18 especies de Atlantidae a partir de siete cruceros oceanográficos, donde *A. peronii*, contribuyó junto con otras especies al 55% de la abundancia total de los organismos recolectados. Moreno-Alcántara (2012) registró 19 especies de Atlantidae en el Golfo de Tehuantepec, y encontró que el golfo estuvo dominado por *A. helicinoidea* de afinidad oceánica y además encontró a *A. gibbosa* como un nuevo registro para el Pacífico Americano.

Cruz (1996 & 1998) estudió la utilidad de los heterópodos como bioindicadores del evento El Niño en Ecuador, seleccionando cuatro especies (*A. peronii*, *A. lesueurii*, *A. gaudichaudi* y *A. turriculata*) como bioindicadores de masas de agua, de condiciones anómalas o inestables y de la presencia de dicho evento. Él observó que en un período de condiciones normales previo a El Niño hubo poca diversidad de estas especies, mientras que en condiciones anómalas la diversidad y abundancia aumenta.

Hasta ahora, los Atlantidae no se han considerado en ninguna investigación de cambio global, a pesar de tener una concha de aragonita, siendo morfológicamente similares a los pterópodos y compartiendo el mismo hábitat (Wall-Palmer *et al.*, 2018). Sin embargo, se encontró en el registro fósil del Pleistoceno tardío que los Atlantidae a menudo son abundantes en los sedimentos marinos, en relación con otros moluscos holoplanctónicos sin concha. Esto es particularmente cierto durante los períodos

cálidos, donde se ha descubierto que los Atlantidae componen hasta el 69, 27 y 33% de conchas de moluscos holoplanctónicos en los sedimentos del Mar Mediterráneo, el Mar Caribe y el Océano Índico (Maldivas), respectivamente (Wall-Palmer *et al.*, 2014).

### **3. Justificación:**

La comprensión actual de la diversidad y biogeografía de los Atlantidae en la costa occidental de la península de Baja California es deficiente, ya que no se tiene documentado nada relacionado con la composición, distribución y abundancia de sus especies. Todo esto, a pesar de la importancia que tienen estos organismos desde un punto de vista ecológico, biogeográfico y como potenciales indicadores de cambios ambientales estacionales, interanuales e incluso de cambio climático.

Estos organismos parecen ser particularmente sensibles a cambios ambientales, y debido a que poseen ciclos de vida cortos y a que para su sobrevivencia depende de la fijación de carbono para la formación de su concha, se perfilan como indicadores de cambio climático muy importantes en procesos asociados a calentamiento, acidificación y elevación de la capa de mínimo de oxígeno, todos ellos factores que determinan de manera importante el ciclo de carbono en los océanos. Un requisito fundamental para establecer la utilidad de un organismo o un grupo de organismos como indicador biológico del ambiente es precisamente tener una buena base de conocimiento sobre su taxonomía, biogeografía y ecología, aspectos principales que trata de abarcar este trabajo, tomando como una primera aproximación una investigación de cuáles son las especies que se encuentran en esta zona, como se distribuyen y cuáles son los factores ambientales que determinan su distribución espacial.

Otro aspecto importante de este estudio, es que se realizó durante el verano-otoño del 2015 en el cual ocurrieron varios eventos climáticos que en sí mismos representan un estado del ecosistema pelágico del Sistema de la Corriente de California del cual no se tenía registros anteriores, la duración sostenida desde 2004 de diferentes procesos de calentamiento, así como la intensidad del evento El Niño 2015-2016 que ha sido el tercero más fuerte del que se tiene hasta registro ofrece una oportunidad importante para conocer la forma en que estos diferentes procesos afectan el ecosistema pelágico marino.

Con toda la información resultante en conjunto con otras investigaciones que registren las respuestas biológicas de las comunidades de Atlantidae durante distintos eventos climatológicos, se podrá mejorar el conocimiento sobre la abundancia y distribución de las comunidades para próximos escenarios climáticos.

#### **4. Hipótesis**

1-Debido a que en su mayoría las especies de Atlantidae son de afinidad tropical o subtropical, así como al efecto mantenido de varios eventos de calentamiento durante el período de estudio en el ecosistema pelágico marino al occidente de la Península de Baja California, esperamos una taxocenosis de moluscos de la familia Atlantidae caracterizada por una alta abundancia y riqueza de especies durante el verano-otoño de 2015.

2-La existencia de condiciones ambientales diferentes en la costa occidental de la península de Baja California al norte y sur de Punta Eugenia, dará lugar a dos comunidades distintas de Atlantidae, una comunidad dominada por especies templada-subártica al norte de Punta Eugenia y una comunidad de especies tropicales-subtropicales en la región sur.

#### **5. Objetivo**

##### **5.1. Objetivo General**

Determinar la composición, distribución y abundancia de las especies de la familia Atlantidae durante el verano-otoño de 2015 en la Costa occidental de la península de Baja California y su relación con las variables ambientales (temperatura del mar, salinidad, concentración de clorofila *a* (Cl-*a*), profundidad de la capa de mezcla y flujo geostrofico).

##### **5.2. Objetivos específicos**

- Caracterizar el ambiente a partir de parámetros físicos y ambientales (temperatura, salinidad, profundidad de la capa de mezcla, flujo geostrofico, clorofila-*a* y volumen zooplanctónico).
- Caracterizar la taxocenosis de las especies de la familia Atlantidae en la costa occidental de la península de Baja California (verano-otoño de 2015).

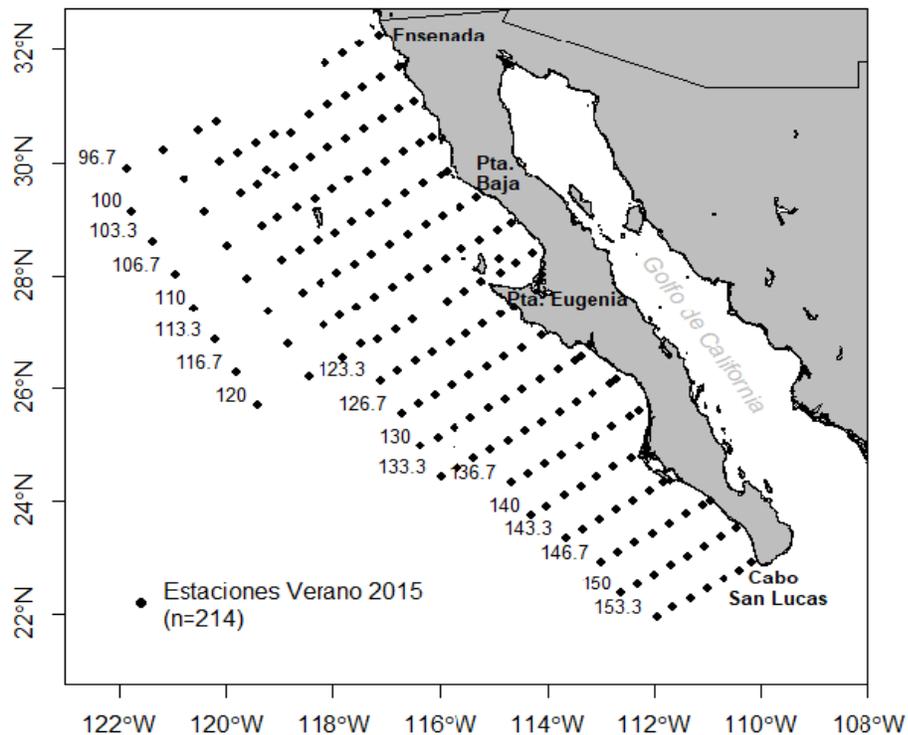
- Determinar el efecto de las variables ambientales en la distribución y abundancia de las asociaciones de Atlantidae en la costa occidental de la península de Baja California (verano-otoño de 2015).

.

## 6. Materiales y métodos

### 6.1. Área de Estudio

El área de estudio se encuentra entre los 21° 00'' y 33° 00'' LN y los 110° 00'' y 122° 00'' LW. Esta región posee una plataforma continental irregular, que se ensancha al sur hasta alcanzar entre 110 y 140 km en la Bahía San Sebastián Vizcaíno y justo al norte de Bahía Magdalena (Arriaga-Cabrera *et al.*, 1998) (Fig. 1). Las características oceanográficas en la zona comprenden surgencias costeras, filamentos, chorros y frentes estrechamente asociados a los diferentes patrones de circulación y a la topografía de la región y además pueden detectarse estructuras de mesoescala como giros y meandros cuya mayor incidencia es detectada desde verano hasta invierno (Durazo *et al.*, 2010; Soto-Mardones *et al.*, 2004) y a la Corriente Norecuatorial (NEC) (Wyrтки, 1967).



**Figura 1.** Área de estudio y estaciones de muestreo para verano-otoño de 2015.

La costa occidental de la península de Baja California está influenciada por la Corriente de California (CC), fría y de baja salinidad que fluye hacia el sur hasta los 100 m de profundidad ubicada entre 200 y 500 km fuera de la costa y la Contracorriente de California (CCC) entre 100 y 300 m de profundidad, que acarrea agua de origen ecuatorial (Durazo & Baumgartner, 2002; Durazo, 2015), con un flujo subsuperficial hacia el norte, que generalmente no se extiende más de 100 km fuera de la costa (Lynn & Simpson, 1987). Frente a Baja California Sur está la zona de transición templado-tropical, con un gradiente estacional importante debido a la influencia de ambas corrientes (Meza Zamora, 2016).

Esta región está conformada por la masa de agua Subártica (ASA) caracterizada por temperaturas entre 8° y 21 °C y salinidades entre 33 y 34, la masa de agua subtropical superficial (ASTS) con temperaturas entre los 20° y 28 °C y salinidad entre los 34.4 y 35; la masa de agua superficial tropical (AST) que presenta temperaturas entre 25° y 30 °C y salinidad entre 33 y 34; y la masa de agua ecuatorial subsuperficial (AESS) que presenta temperaturas entre 8° y 15 °C y altas salinidades entre los 34.3 y 35. Adicionalmente, se puede encontrar el tipo de agua transicional (AT), la cual es resultante de la mezcla entre el ASA y ASTS o AST (Durazo & Baumgartner, 2002).

A escala estacional durante verano y otoño en la costa occidental de la península de Baja California se observa una diferenciación en la región peninsular favorecida por una estructura bi-ciclónica frente a Punta Eugenia (~28°) que delimita el dominio subártico al norte, y el dominio tropical y subtropical en el sur (Soto-Mardones *et al.*, 2004; Jerónimo & Gómez-Valdés, 2006; Durazo *et al.*, 2010; Durazo, 2015). Esta región alrededor de Bahía Vizcaíno se caracteriza por la formación de remolinos anticiclónicos, aparentemente debido a la tendencia del flujo de la CC a seguir la costa. Sin embargo, frente a Punta Eugenia, los remolinos generados tienden a rotar cíclicamente ya que la contracorriente a lo largo de las costas tiene una propensión a invertir su dirección de flujo.

Esta región frente a Punta Eugenia ha sido descrita como la frontera provincial de varios grupos taxonómicos del plancton y peces costeros (Hubbs, 1960; Hewitt, 1981) y ha sido considerada como zona transicional de larvas de peces de afinidad subártica y del Pacífico Tropical Oriental (Loeb *et al.*, 1983; Funes-Rodríguez *et al.*, 2009; Peiro-Alcantar *et al.*, 2016).

Los fenómenos climáticos de escala interanual como son los eventos El Niño generan alta variabilidad en el área de estudio (Parés-Sierra *et al.*, 1997). Por ejemplo, se conoce que durante eventos El Niño se incrementa el transporte de Ekman hacia la costa y se presentan anomalías positivas de temperatura y salinidad, además ocurre un incremento de la altura dinámica (Durazo & Baumgartner, 2002). También, se observa una fuerte estratificación de la columna de agua y el hundimiento de la termoclina y nutriclina (Espinosa-Carreón *et al.*, 2004) que reduce el aporte de nutrientes a la superficie, así como la producción de fitoplancton y biomasa zooplanctónica (Chávez *et al.*, 2002; Lavaniegos *et al.*, 2015).

## **6.2. Trabajo de campo**

El material biológico proviene de un crucero oceanográfico realizado en el Buque de Investigación Pesquera y Oceanográfica del Instituto Nacional de la Pesca (BIPO-INAPESCA). El crucero fue denominado BIPOCO1509 y fue efectuado del 17 de septiembre al 11 de noviembre de 2015. Las muestras se recolectaron en 214 estaciones de muestreo desde Tijuana, Baja California hasta Cabo San Lucas Baja California Sur y en la Zona Económica Exclusiva frente a la península de Baja California (Fig. 1).

Las muestras de zooplancton se obtuvieron mediante arrastres oblicuos desde una profundidad de 210 m hasta la superficie, con un sistema de redes tipo bongo, conformado por dos redes cilíndrico-cónicas con luz de malla de 505  $\mu\text{m}$ , diámetro de la boca de 0.7 m y longitud de 3 m. Cada red se equipó con copos flexibles y un flujómetro para estimar el volumen de agua filtrado. Una vez efectuado el arrastre

conforme a Smith y Richardson (1979), las muestras se depositaron en frascos de 1 L con agua de mar y formalina al 4% neutralizada con borato de sodio.

De forma simultánea se efectuaron lances de CTD (marca SeaBird) en cada una de las estaciones hasta 1,000 m de profundidad como máximo, para obtener datos hidrográficos de temperatura y salinidad de la columna de agua.

### **6.3. Trabajo de laboratorio**

Los moluscos heterópodos se separaron de la muestra sin el uso de alícuotas, preservándolos en alcohol al 96%. Los moluscos se identificaron siguiendo los criterios morfológicos establecidos en el trabajo de Seapy (1990) que incluyen el conteo de espiras y la identificación del tipo de ojo presente, apoyado en el trabajo de Moreno-Alcántara (2015), en el cual utiliza las características de la protoconcha, teloconcha, quilla y el tipo de ojo para la identificación de los organismos. Posteriormente se contabilizaron y su abundancia se normalizó a 1000 m<sup>3</sup> de acuerdo con Smith y Richardson (1979).

### **6.4. Análisis de datos**

#### **Caracterización del ambiente**

Con los datos ambientales se realizó un análisis de componentes principales (PCA), el cual extrae de la base de datos una matriz de varianza-covarianza y ordena los valores en un juego de ejes ortogonales (perpendiculares) con el programa PC-ORD v.6.0 (McCune & Mefford, 2011). A cada eje corresponde un eigenvalor de la matriz y representa la variabilidad explicada por este componente respecto al total de datos analizados. La mayor proporción de la variabilidad encontrada se asigna al primer componente y ésta desciende en el segundo, tercero y así sucesivamente. Las relaciones entre las unidades se reflejan en la posición en que se disponen en ese espacio (gráfico), que pueden analizarse después por separado de acuerdo con las semejanzas entre ellas y los factores que pueden proporcionar su agrupación (Crisci & López, 1988). Los datos ambientales fueron transformados al error estándar ( $SE = X - \mu / \sigma (\sqrt{n - 1})$ ) con la finalidad de reducir el efecto causado por la diferencia en la

magnitud de los valores. Este análisis fue utilizado para determinar por un lado la variabilidad explicada de los datos ambientales en cada componente y por otro para establecer si ambientalmente la región al norte de Punta Eugenia es diferente a la región sureña.

La descripción de los patrones de distribución de temperatura, salinidad (obtenidos con el CTD Seabird) y clorofila-a en la superficie se realizó utilizando mapas de distribución realizados con el programa Surfer 13. Adicionalmente se elaboró un diagrama T-S (temperatura vs. salinidad) para observar la dispersión de la información y detectar las masas de agua presentes, siguiendo el criterio de clasificación de Durazo & Baumgartner (2002).

También se calculó el flujo geostrofico para ver cómo se comportaron los flujos de corriente en esta zona y determinar la presencia de giros ciclónicos y anticiclónicos (Durazo & Baumgartner, 2002), los cuales pueden estar relacionados con la distribución y abundancia de los Atlantidae. Las corrientes superficiales se representaron en una sola figura y se seleccionó una escala de 0 a 50 cm s<sup>-1</sup> acorde a la intensidad de las corrientes durante el período de estudio.

### **Composición faunística**

Se elaboró un listado de especies usando la clasificación de Gofas (2015b) el cual fue utilizado igualmente para la nomenclatura y arreglo de familias. Los organismos que no fueron identificados a especie se asignaron hasta nivel de género.

Para describir la distribución de la abundancia de los organismos se generaron mapas de contorno de la abundancia estandarizada total con el programa Surfer V.13.

La diversidad de especies se estimó a partir de la composición de especies presentes en la costa occidental de Baja California usando la riqueza de especies (S), el Índice de Shannon ( $H' \log_2$ ) y la equidad de Pielou (J) utilizando el programa Biodiversity Pro v.2.

Se hizo una descripción de la taxocenosis a partir de la abundancia relativa por especie, usando gráficos de histogramas con los que se definieron cuáles eran las especies más abundantes tomando como criterio aquellas que representaron al menos el 2% de la abundancia total.

### **Efecto de las variables ambientales**

El efecto de los gradientes ambientales en la distribución y abundancia de las especies encontradas se determinó a partir de un análisis de correspondencia canónica (CCA) con el programa PC-ORD v.6.0 (McCune & Mefford, 2011). El análisis de correspondencia canónica es una técnica multivariada que maximiza la relación entre una serie de variables dependientes y una serie de variables independientes. Esta relación es hecha en base de regresión múltiple.

Se utilizan dos matrices, una de variables dependientes que puede ser abundancia de especies en los sitios y otra de variables independientes o explicativas como las variables ambientales. Como matriz principal se consideraron los datos de abundancia estandarizada y como matriz secundaria los datos ambientales (temperatura y salinidad superficial; clorofila-a (Cl-a); volumen zooplanctónico (VZ) y la profundidad de la capa de mezcla (PCM) transformados al error estándar ( $SE = X - \mu / \sigma (\sqrt{n - 1})$ ) con la finalidad de reducir el efecto causado por la diferencia de valores.

### **Asociaciones**

Para determinar las asociaciones se realizó un análisis de grupos con el cálculo del índice de similitud de Bray-Curtis y la elaboración posterior de dendrogramas, para lo cual se utilizó el método de unión por promedios simples utilizando el programa BioDiversity Pro v. 2. Este método se basa en la asignación de índices de similitud entre especies o grupos de acuerdo con sus distancias en una gráfica multidimensional, en donde su posición está determinada por su abundancia o su similitud en la composición de especies, dando como resultado árboles de clasificación de los parámetros deseados. Aquellos que sean más parecidos presentarán una

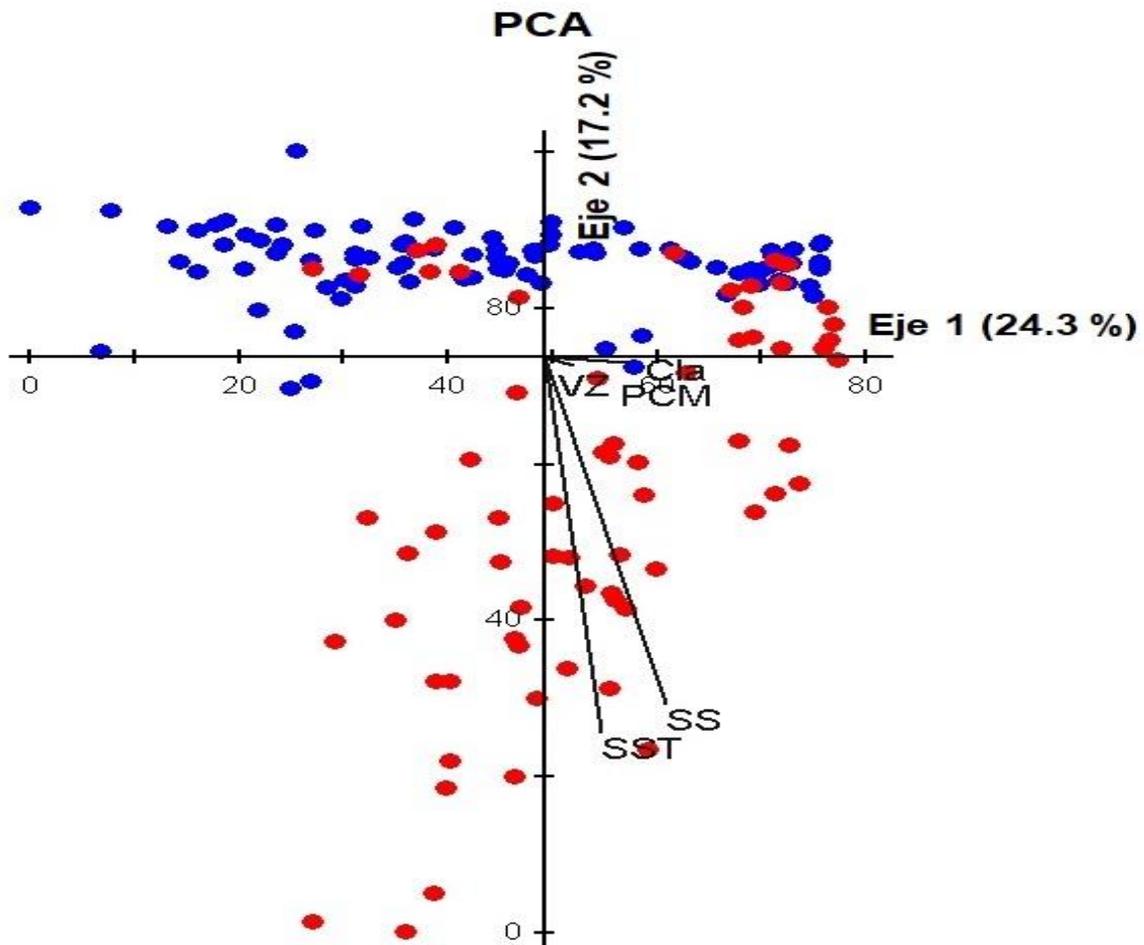
similitud más cercana al 100%. Para esto, la base de datos fue transformada a  $[\log_{10}(x+1)]$  donde x correspondió al valor de la abundancia para cada especie.

## 7. RESULTADOS

### 7.1. Caracterización del ambiente

#### 7.1.1. Análisis de Componentes Principales (PCA)

La varianza explicada por el eje 1 y el 2 fue del 41 %, apreciándose una clara separación entre el norte y el sur (Punta Eugenia), donde las estaciones norteñas estuvieron relacionadas con valores bajos de temperatura y salinidad mientras que las estaciones sureñas lo estuvieron con valores altos de temperatura y salinidad. Además, las estaciones norteñas se relacionaron con una capa de mezcla más somera que las estaciones sureñas (Fig. 2).



**Figura 2.** Análisis de Componentes Principales, variables ambientales vs estaciones. Los puntos azules corresponden a las estaciones norteñas y los puntos rojos a las estaciones sureñas.

### **7.1.2. Temperatura y Salinidad**

La temperatura superficial del mar (TSM) varió entre los 21.4 °C y 28.7 °C con un promedio de  $24.7 \pm 1.63$  °C. Las temperaturas más bajas se encontraron en la parte norte de la península de Baja California (Fig. 3 a).

La salinidad varió entre 33.1 y 34.7 con un promedio de  $33.9 \pm 0.40$ . Las salinidades más altas se observaron en la región sur del área de estudio hacia la zona costera, mientras que las más bajas se presentaron en la región oceánica norte (Fig. 3 b). La mayor salinidad se observó en la zona del Golfo de Ulloa con valores entre 34.4 y 34.6.

### **7.1.3. Profundidad de la Capa de Mezcla (PCM)**

La PCM varió entre 10.5 y 56.5 m (Fig. 3 c), siendo más profunda en la región sur del área de estudio frente al Golfo de Ulloa y Bahía Magdalena. La menor PCM se encontró en la región al norte de Punta Eugenia y frente a Cabo San Lucas.

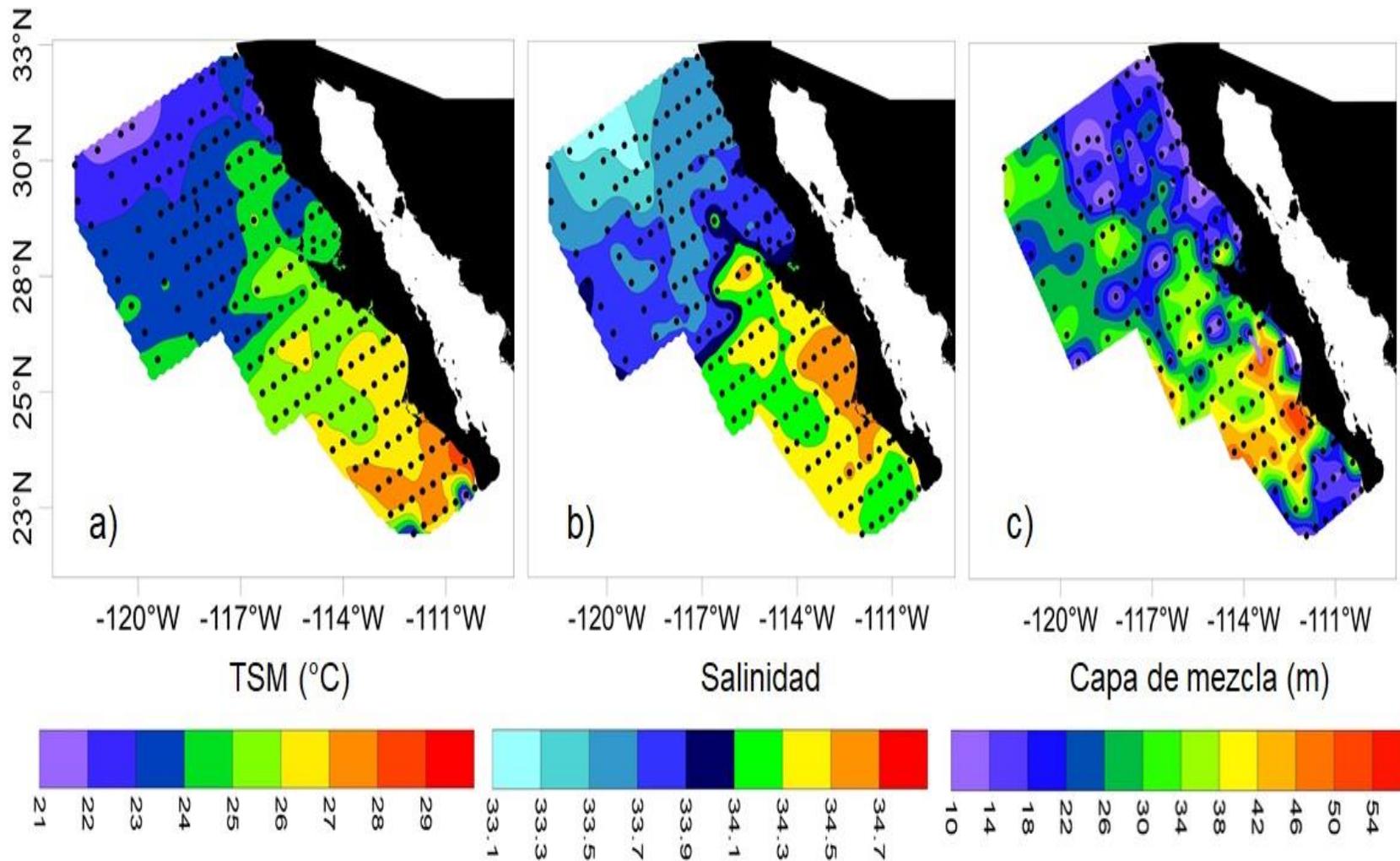
### **7.1.4. Valores de clorofila (Cl-a)**

La concentración de Cl-a fue menor a 0.2 mg/m<sup>3</sup> en la zona oceánica en toda el área de estudio, siendo los valores un poco más altos en algunas zonas costeras (Fig. 4 a). En la región al norte de Punta Eugenia, a lo largo de la costa enfrente de Ensenada se observó una concentración de Cl-a con valores mayores a 1.11 mg/m<sup>3</sup>. Hacia la región sur en la zona oceánica y costera de Cabo San Lucas se observó que la concentración de Cl-a presentó valores mayores a 0.4 mg/m<sup>3</sup>.

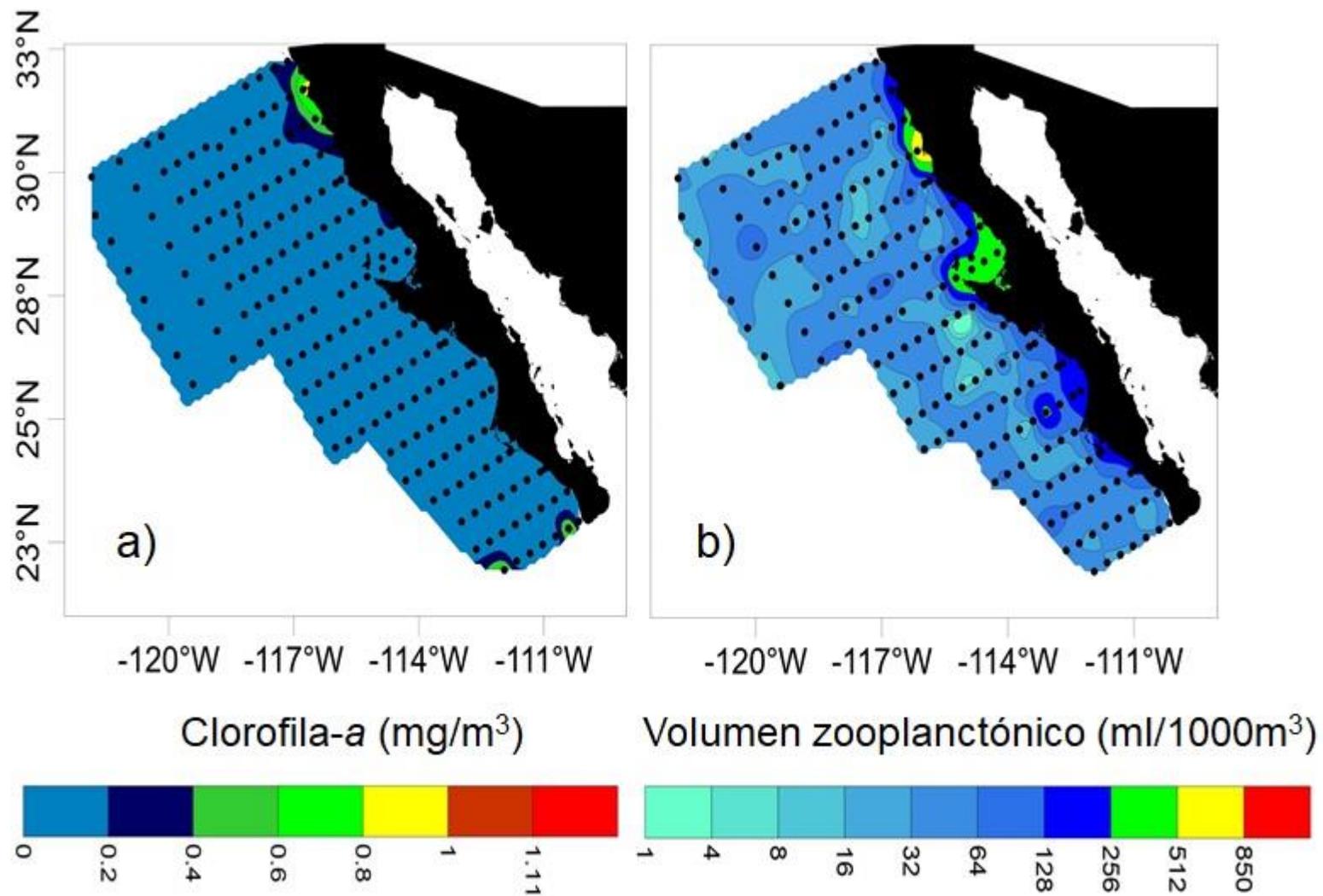
### **7.1.5. Valores de volumen de zooplancton (VZ)**

El gradiente de distribución de VZ en el área de estudio fue principalmente costa-oceano con valores en la costa mayores a 128 ml/1000m<sup>3</sup>. Sin embargo, también se observó un gradiente latitudinal ya que los mayores valores de VZ se encontraron al norte de Punta Eugenia (en Bahía Vizcaíno y al sur de Ensenada) con concentraciones mayores a 256 ml/1000 m<sup>3</sup>. En la región al sur de Punta Eugenia hacia la costa, se

encontraron valores superiores a 128 ml/1000 m<sup>3</sup> en el Golfo de Ulloa y al sur de Bahía Magdalena (Fig. 4 b).



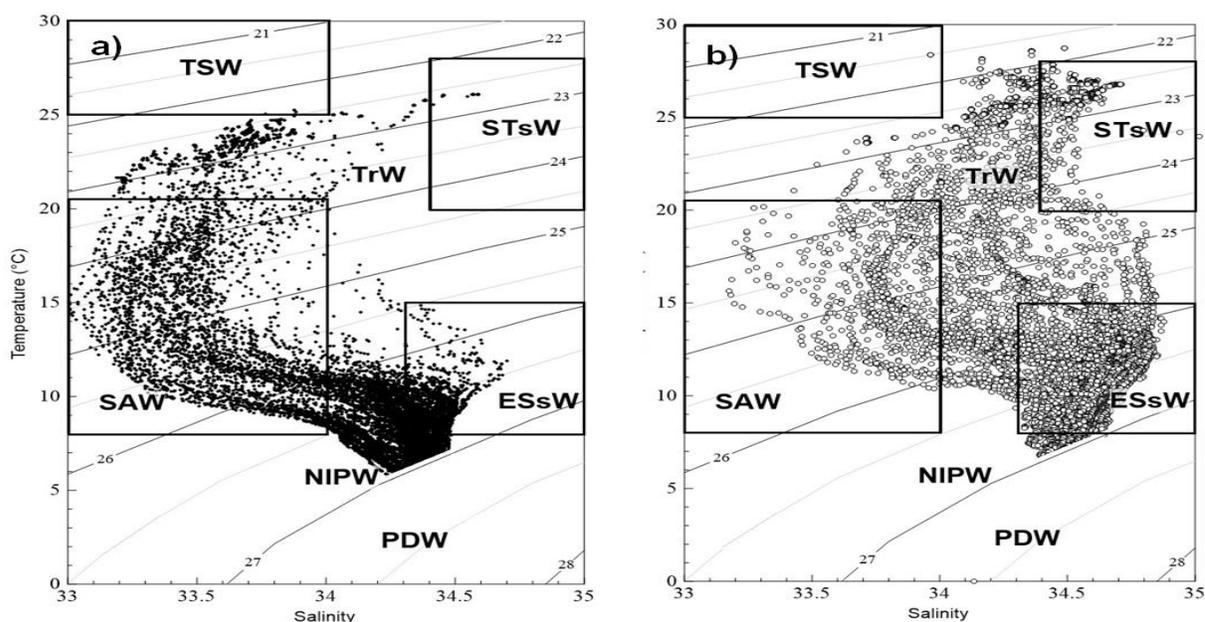
**Figura 3.** Distribución espacial de temperatura superficial del mar (a), salinidad superficial (b), y profundidad de la capa de mezcla (c). Los puntos negros representan las estaciones muestreadas.



**Figura 4.** Distribución de la clorofila-a (a) y del volumen de zooplancton (b). Los puntos negros representan las estaciones muestreadas.

### 7.1.6. Masas de agua

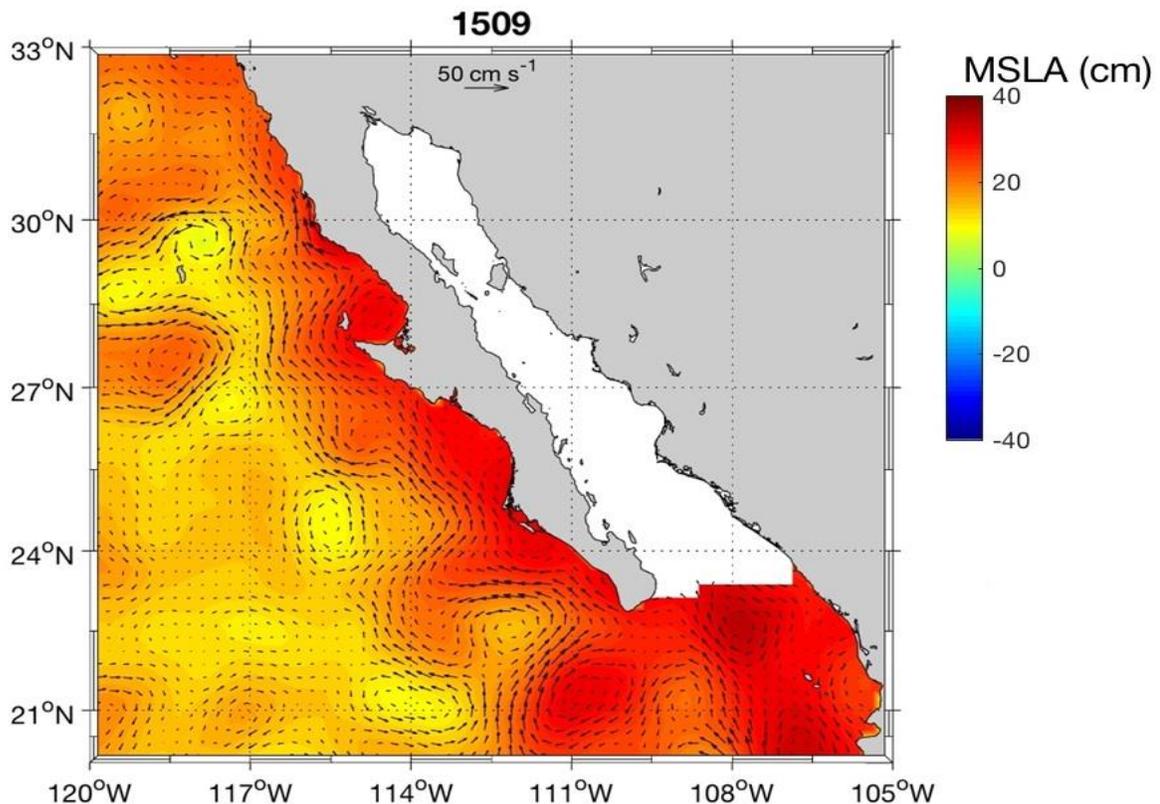
Los diagramas T/S mostraron la presencia de las masas de Agua Subártica (SAW), Agua Subtropical Superficial (StSW), Agua Ecuatorial Subsuperficial (ESsW), Agua Transicional (TrW), Agua Intermedia del Pacífico (NIPW), Agua Profunda del Pacífico (PDW) y Agua Superficial Tropical (TSW; Fig. 8). En la región al norte de Punta Eugenia los datos se concentraron más en la SAW característica de la Corriente de California y TrW (Fig. 8 a). Por otra parte, al sur de Punta Eugenia los datos estuvieron más dispersos entre ESsW, TrW y StsW las cuales son masas de agua de origen tropical, subtropical y transicional (Fig. 5 b).



**Figura 5.** Diagramas de temperatura-salinidad al norte (a) y sur (b) de Punta Eugenia, para verano-otoño de 2015. SAW= Agua Subártica, TSW = Agua Tropical Superficial, TrW= Agua Transicional, StSW = Agua Subtropical Superficial, ESsW= Agua Ecuatorial Subsuperficial, NIPW= Agua Intermedia del Pacífico. Clasificación de las masas de agua basada en Durazo y Baumgartner (2002).

### 7.1.7. Flujo geostrófico

Las velocidades de las corrientes geostróficas alcanzaron hasta  $50 \text{ cm s}^{-1}$ . Se observó una corriente que fluyó a lo largo de toda la costa desde el sur (donde fue más intensa) a norte (donde perdió intensidad). Se observaron además siete giros ciclónicos en la región oceánica, los más intensos dos frente a Isla Guadalupe, uno frente al Golfo de Ulloa, y dos frente a Cabo San Lucas. Otros dos de menor intensidad se observaron frente a Ensenada y frente a Punta Eugenia (Fig. 6). Giros anticiclónicos se encontraron al sur de isla Guadalupe, en Bahía Vizcaíno y en la región oceánica al sur de Cabo San Lucas.



**Figura 6.** Corrientes geostróficas superficiales con la anomalía promedio del nivel medio del mar. La escala de colores refleja la anomalía del nivel medio del mar (MSLA). El tamaño de las flechas representa la intensidad de las corrientes geostróficas.

## 7.2. Composición Faunística

En total se encontraron 8009 organismos de la familia Atlantidae, identificándose tres géneros con 18 especies, de las cuales dos son nuevos registros para el Pacífico Americano, 8 son ampliaciones de distribución y una especie que solo se pudo identificar a género (Tabla 1).

La clasificación taxonómica utilizada fue la de Gofas (2015b) y se muestra a continuación:

Phylum Mollusca (Linnaeus, 1758)

Clase Gastropoda Cuvier, 1795

Subclase Caenogastropoda Cox, 1960

Orden Littorinimorpha Golikov & Starobogatov, 1975

Superfamilia Pterotracheoidea Rafinesque, 1814

Familia Atlantidae Rang, 1894

Género ***Atlanta*** Lesueur, 1817

**Tabla 1.** Listado taxonómico y abundancia (Ar) y frecuencia relativa (Fr) para las especies de la familia Atlantidae encontradas en el crucero BIPOCO-1509 realizado en Septiembre-Noviembre del 2015. Las que presentaron valores de abundancia mayores a 2% están en el cuadro rojo.

Especies	# estaciones	Región Norte		Región Sur	
		Ar	Fr	Ar	Fr
<i>Atlanta oligogyra</i>	125	34.9	74.3	30.3	56.3
<i>Atlanta californiensis</i>	67	23.0	65.3	0.44	1.1
<i>Atlanta inflata</i>	125	14.0	69.3	13.8	63.2
<i>Atlanta peronii</i>	68	13.5	53.5	1.32	14.9
<i>Atlanta helicinoidea</i>	96	5.6	55.4	5.94	46
<i>Atlanta turriculata</i>	66	3.8	50.5	1.85	17.2
<i>Atlanta rosea</i>	21	1.3	19.8	0.05	1.1
<i>Atlanta fragilis</i>	27	1.1	23.8	0.15	3.4
<i>Protatlanta souleyeti</i>	39	1.0	25.7	1.22	14.9
<i>Atlanta brunnea</i>	31	0.6	13.9	1.80	19.5
<i>Atlanta lesueurii</i>	45	0.9	7.9	16.1	42.5
<i>Atlanta frontieri</i>	29	0	0	4.9	33.3
<i>Atlanta plana</i>	22	0	0	3.3	25.3
<i>Atlanta inclinata</i>	33	0	0	4.7	37.9
<i>Atlanta echinogyra</i>	19	0	0	2.3	21.8
<i>Atlanta tokiokai</i>	31	0	1.0	3.3	34.5
<i>Atlanta gibbosa</i>	5	0	0	0.34	5.7
<i>Oxygyrus inflatus</i>	24	0	0	1.9	27.6
<i>Atlanta sp.1</i>	24	0.4	8.9	6.33	17.2

Los nuevos registros para el Pacífico Americano corresponden a *Atlanta fragilis* que sólo se había registrado en el Océano Atlántico (Richter, 1993; Seapy, 2011) y *Atlanta rosea* en el Mar de China Oriental (Xu & Li, 2005; Xu, 2007).

*A. fragilis* fue descrita por primera vez por Richter en 1993 desde la mitad del océano Atlántico, y luego Seapy 2011 también la reportó para el océano Atlántico. Actualmente otros autores como Wall-Palmer et al., 2018 han encontrado a esta especie en los océanos Pacífico, Atlántico e Índico (Anexo 1).

*A. rosea* fue descrita por primera vez por Gray en 1850, luego la encontraron en el Mar de China Oriental para el océano Pacífico Oriental. Actualmente otros autores como Wall-Palmer et al., 2018 han encontrado a estas especies en los océanos Pacífico, Atlántico e Índico (Anexo 2).

Las 16 especies restantes de la familia, ya se habían registrado en el Pacífico Americano, sin embargo, 8 representan ampliaciones de distribución registrada:

*Atlanta helicinoidea*, había sido reportada para el océano Atlántico, Índico, Pacífico y para el Golfo de California (Van der Spoel, 1976; Angulo-Campillo, 2009; Seapy, 2011; Wall-Palmer et al., 2016c). Actualmente otros autores como Wall-Palmer et al. (2018), han encontrado a esta especie en los océanos Pacífico, Atlántico e Índico (Anexo 3).

*Atlanta brunnea* estaba reportada para el océano Atlántico, Índico, Pacífico y para el Golfo de California (Angulo-Campillo, 2009; Wall-Palmer et al., 2016c). Actualmente otros autores como Wall-Palmer et al., 2018 han encontrado a esta especie en los océanos Pacífico, Atlántico e Índico (Anexo 4).

*Atlanta tokiokai* estaba reportada para el océano Pacífico y para el Golfo de California (Angulo-Campillo, 2009; Wall-Palmer et al., 2016c). Actualmente otros autores como Wall-Palmer et al., 2018 han encontrado a esta especie en los océanos Pacífico, Atlántico e Índico (Anexo 5).

*Atlanta frontieri* estaba reportada para el océano Índico, Pacífico y para el Golfo de California (Angulo-Campillo, 2009; Wall-Palmer *et al.*, 2016c; Wall-Palmer *et al.*, 2018) (Anexo 6).

*Atlanta echinogyra* estaba reportada para el océano Índico, Pacífico y para el Golfo de California (Angulo-Campillo, 2009; Wall-Palmer *et al.*, 2016c; Wall-Palmer *et al.*, 2018) (Anexo 7).

*Atlanta plana* estaba reportada para el océano Índico, Pacífico y para el Golfo de California (Angulo-Campillo, 2009; Wall-Palmer *et al.*, 2016c; Wall-Palmer *et al.*, 2018) (Anexo 8).

*Atlanta gibbosa* estaba reportada para el océano Índico, Pacífico y para el Golfo de California (Angulo-Campillo, 2009; Wall-Palmer *et al.*, 2016c). Actualmente otros autores como Wall-Palmer *et al.*, 2018 han encontrado a esta especie en los océanos Pacífico, Atlántico e Índico (Anexo 9).

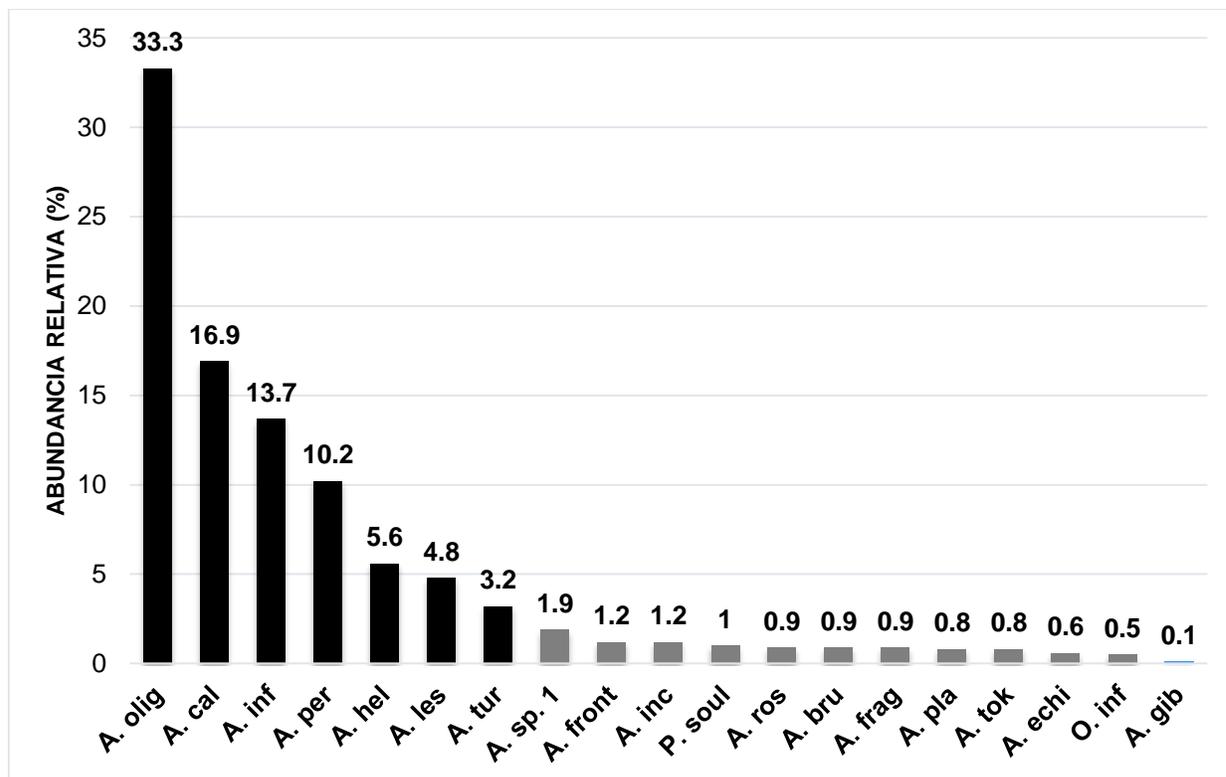
*Oxygyrus inflatus* estaba reportada para el océano Atlántico, Índico, Pacífico y para el Golfo de California (Angulo-Campillo, 2009; Wall-Palmer *et al.*, 2016c; Wall-Palmer *et al.*, 2018) (Anexo 10).

### **7.3. Caracterización Ecológica**

#### **7.3.1. Abundancia**

De las 19 especies de Atlantidae encontradas, las más abundantes fueron *A. oligogyra* (33%), *A. californiensis* (17%), *A. inflata* (14%), *A. peronii* (10%) *A. helicinoidea* (6%), *A. lesueurii* (5%), y *A. turriculata* (3%) que en conjunto representaron el 88 % de los organismos capturados (Fig. 7). Siete especies (*A. oligogyra*, *A. inflata*, *A. helicinoidea*, *A. brunnea*, *A. turriculata*, *A. peronii* y *P. souleyeti*) fueron comunes para ambas regiones (norte y sur) y en general la abundancia relativa de cada especie es comparativamente similar (Tabla 1). Las especies *A. californiensis* y *A. rosea* podrían

considerarse exclusivas de la zona norte ya que en la región sur se encontraron solo en una estación; igualmente *A. fragilis* podría ser exclusiva de la región norte ya que solo se presentó en dos estaciones de la región sur. *A. plana*, *A. inclinata*, *A. gibbosa*, *A. echinogyra*, *A. tokiokai*, *O. inflatus* y *A. frontieri* se presentaron solamente en la región sur.



**Figura 7.** Abundancia relativa por especies de la familia Atlantidae encontrados en la costa occidental de Baja California Sur para verano-otoño de 2015. Las barras negras son las especies más abundantes tomando como criterio aquellas que estuvieron por encima del 2% de la abundancia total.

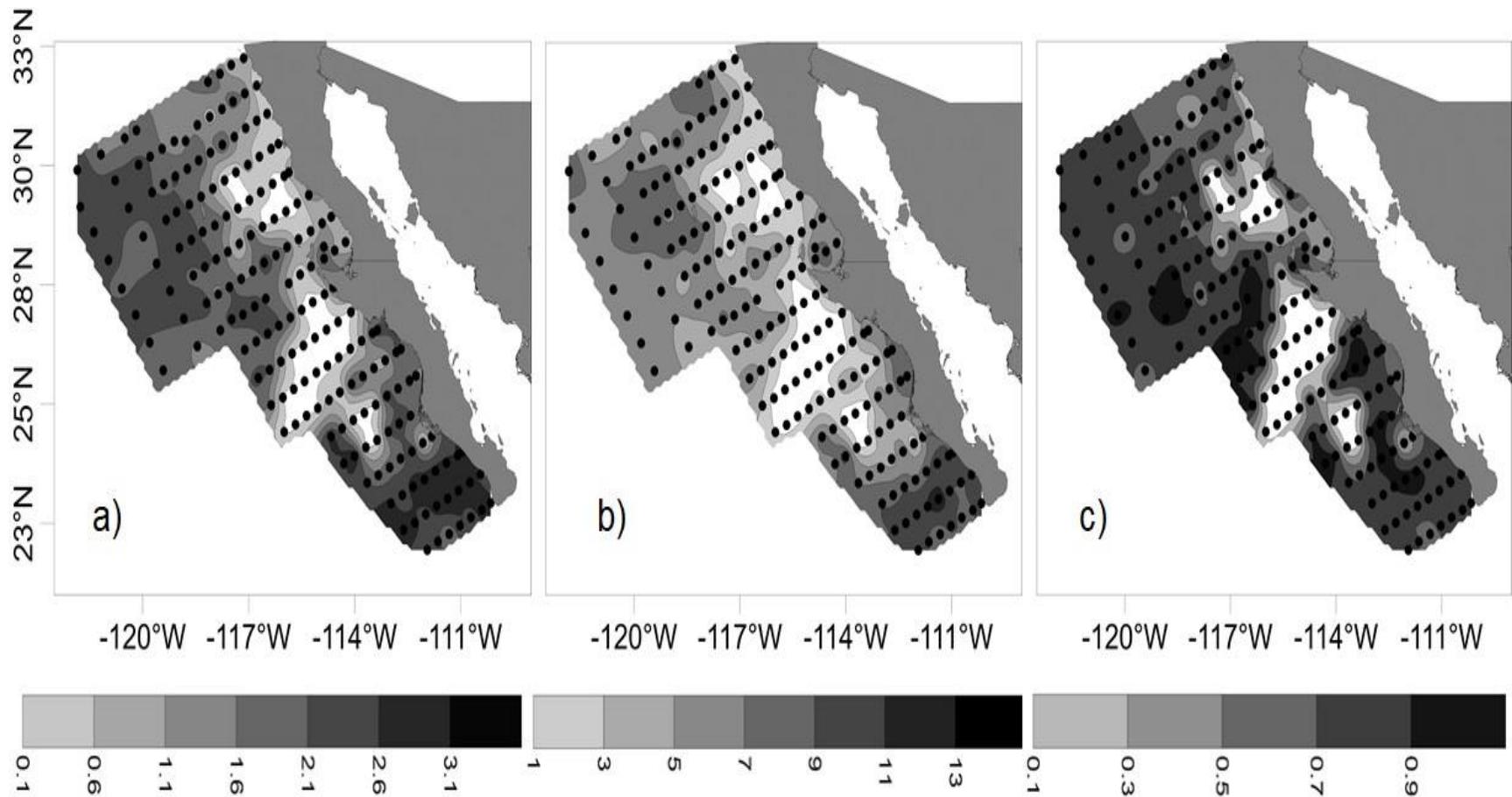
De las 12 especies de Atlantidae encontradas en la región norte, sólo 6 representaron el 95 % de la abundancia total (Tabla 1), mientras que, de las 19 especies encontradas en la región sur, 10 representaron el 91% de la abundancia total (Tabla 1) tomando en cuenta aquellas con una abundancia por encima del 2 % de la abundancia total.

### **7.3.2. Diversidad, Riqueza de especies y Equidad**

La diversidad, riqueza y equidad de especies (Figs. 8 a, b y c) mostraron el mismo patrón general de distribución. Al norte del Golfo de Ulloa se encontró una mayor  $H'$  asociada a una mayor  $S$  y  $J'$  en la región oceánica y valores menores de los tres descriptores en la zona costera. A partir del Golfo de Ulloa hacia el sur, los valores de  $H'$ ,  $S$  y  $J'$  son altos tanto en la zona oceánica como en la costera. Adicionalmente, se observa que la riqueza de especies aumenta hacia el sur, tanto en la zona costera como en la oceánica particularmente a partir del sur de Bahía Magdalena.

Es importante observar también que, en la zona costera frente a Punta Baja, y al sur de Punta Eugenia hasta Bahía Magdalena se presenta una región con ausencia de especies de Atlantidae.

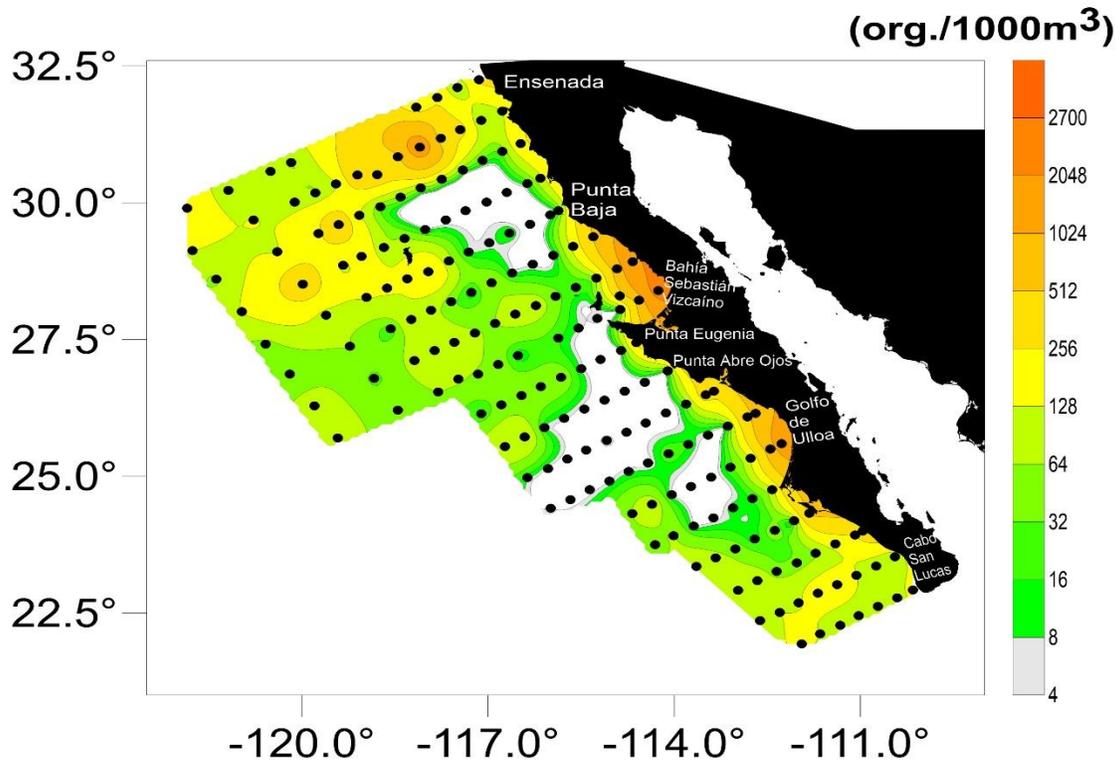
Dado que el análisis de las variables ambientales mostró un gradiente principalmente latitudinal, el PCA mostró que la climatología de la zona norte y sur son diferentes, las masas de agua mostraron ambientes diferentes y que los descriptores de diversidad mostraron estructuras distintas al norte y sur de Punta Eugenia, los siguientes análisis fueron descritos por separado para la región al norte y al sur de Punta Eugenia.



**Figura 8.** Distribución de diversidad de Shannon (a), la escala representa bits/especie; riqueza de especies (b), la escala señala el número de especies por estación y equidad de Pielou (c), la escala representa la proporción de la diversidad observada en la costa occidental de la Península de Baja California (verano-otoño de 2015).

#### 7.4. Distribución

En general, para el verano-otoño de 2015 la abundancia de los Atlantidae fue mayor en la región costera de Bahía Sebastián Vizcaíno y el Golfo de Ulloa y disminuyó hacia el océano, excepto frente a Ensenada y Punta Baja, en donde se encontraron valores relativamente altos en la región oceánica (Fig. 9).

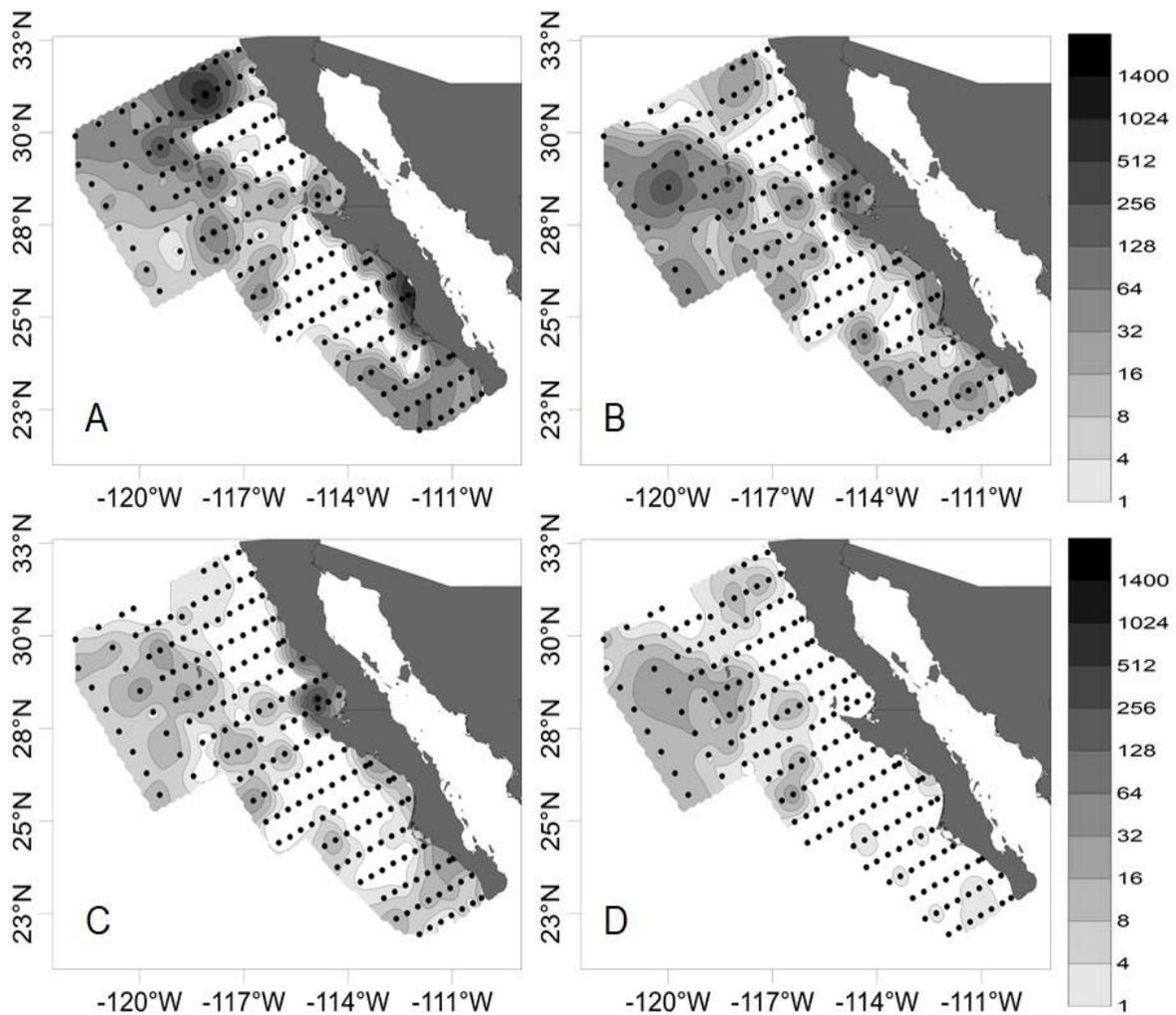


**Figura 9.** Abundancia total de las especies de la Familia Atlantidae.

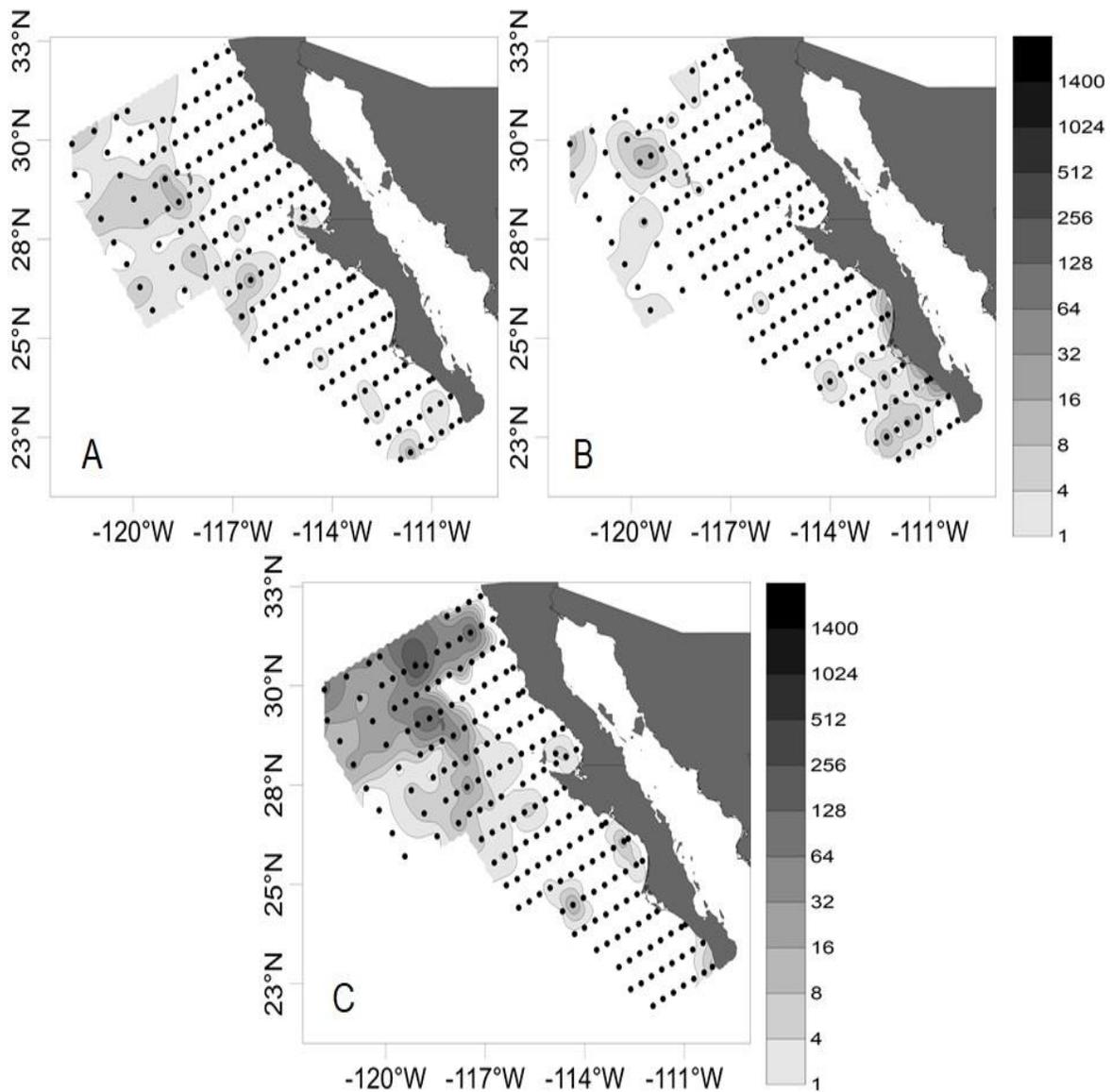
La distribución de las especies más abundantes para verano-otoño de 2015 muestra tres patrones generales. El primero incluye especies abundantes tanto en la región norte como en la sur, entre las que se encuentran *A. oligogyra* (Fig. 10 A), *A. inflata* (Fig. 10 B), *A. helicinoidea* (Fig. 10 C), *A. turriculata* (Fig. 10 D), *P. souleyeti* (Fig. 11 A), *A. brunnea* (Fig. 11 B) y *A. peronii* (Fig. 11 C). El segundo patrón incluye especies con abundancia principalmente en la región norte como es el caso de *A. californiensis* (Fig. 12 A), *A. rosea* (Fig. 12 B) y *A. fragilis* (Fig. 12 C). El tercero incluye a las especies cuya distribución fue principalmente en la región sur como es el caso de *A. lesueurii* (Fig. 13 A), *A. echinogyra* (Fig. 13 B), *A. plana* (Fig. 13 C), *A.*

*frontieri* (Fig. 13 D), *A. inclinata* (Fig. 14 A), *A. gibbosa* (Fig. 14 B); *O. inflatus* (Fig. 14 C); *A. tokiokai* (Fig. 15 A) y *A. sp.1* (Fig. 15 B).

*A. oligogyra* (Fig. 10 A) fue muy abundante en toda el área de estudio tanto en la costa como en el océano. Este mismo patrón se observó en *A. inflata* (Fig. 10 B), *A. helicinoidea* (Fig. 10 C) y *A. turriculata* (Fig. 10 D). También hubo especies que a pesar de que no tuvieron valores altos de abundancia (<60 org/m<sup>3</sup>) se encontraron en ambas regiones como *P. souleyeti* (Fig. 11 A), *A. brunnea* (Fig. 11 B) y *A. peronii* (Fig. 11 C).

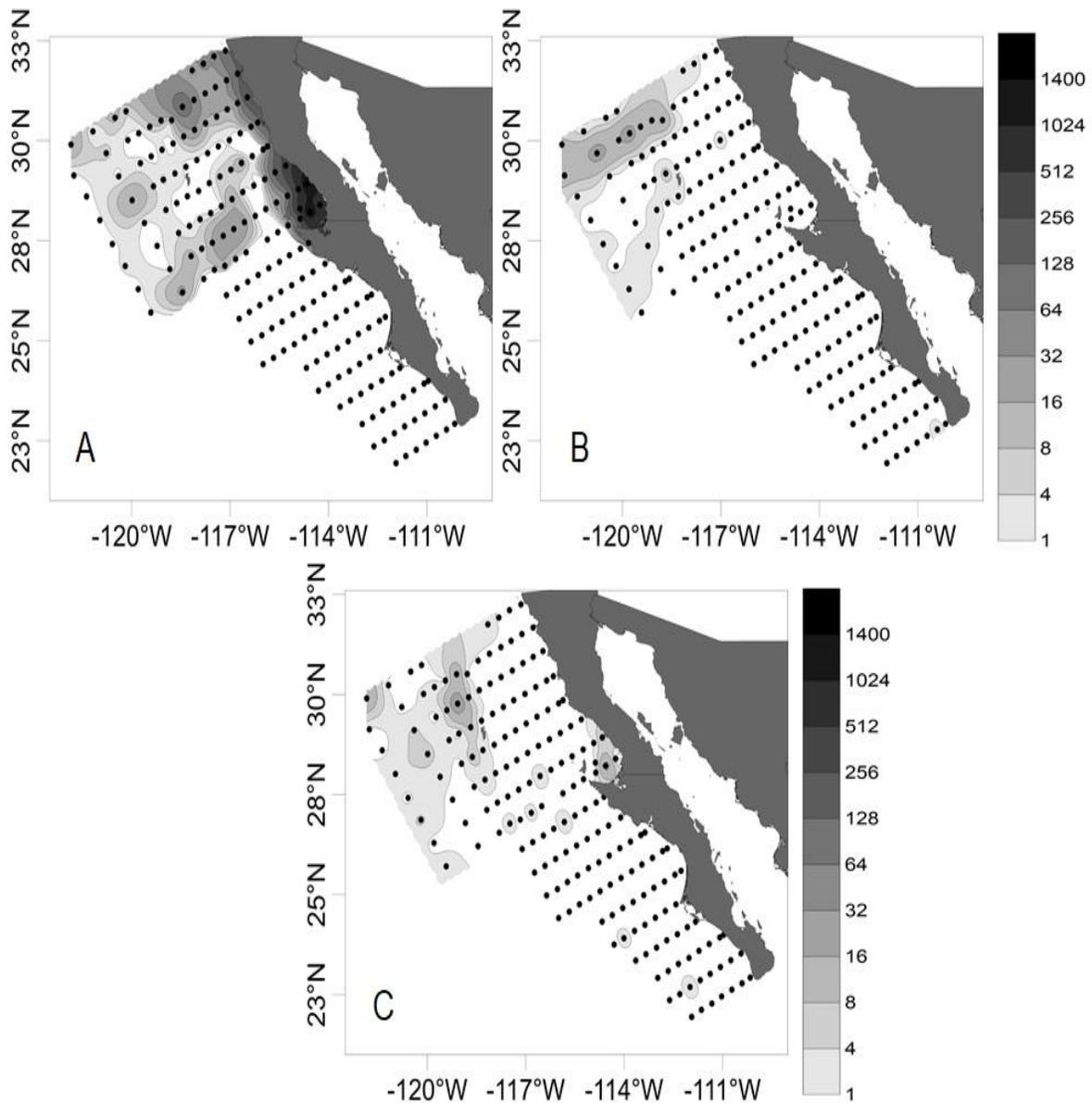


**Figura 10.** Distribución de A) *Atlanta oligogyra*, B) *Atlanta inflata*, C) *Atlanta helicinoidea*, D) *Atlanta turriculata* durante verano-otoño de 2015. La escala representa org/m<sup>3</sup>.



**Figura 11.** Distribución de *Protatlanta souleyeti* (A), *Atlanta brunnea* (B) y *Atlanta peronii* (C) durante verano-otoño de 2015. La escala representa org/m<sup>3</sup>.

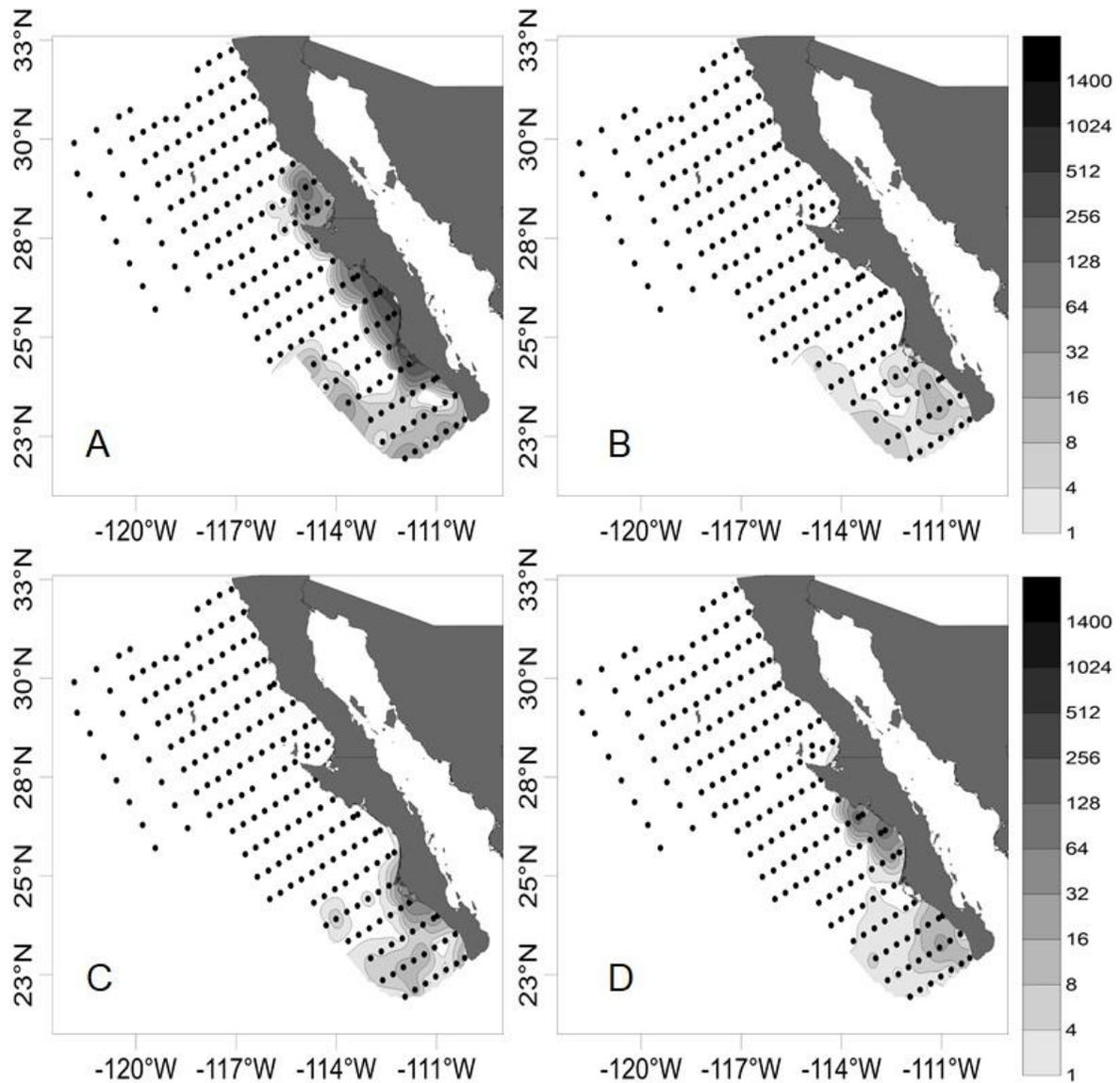
Las especies *A. californiensis* (Fig. 12 A), *A. rosea* (Fig. 12 B) y *A. fragilis* (Fig. 12 C) solo se registraron en la región norte, excepto que *A. rosea* apareció en una sola estación en la región sur y *A. fragilis* igualmente apareció en dos estaciones en la región sur. De las tres especies *A. californiensis* fue la de mayores valores de abundancia con más de 200 org/m<sup>3</sup> y con una distribución mayormente costera. Las otras dos especies presentaron valores entre 2 y 23 org/m<sup>3</sup>.



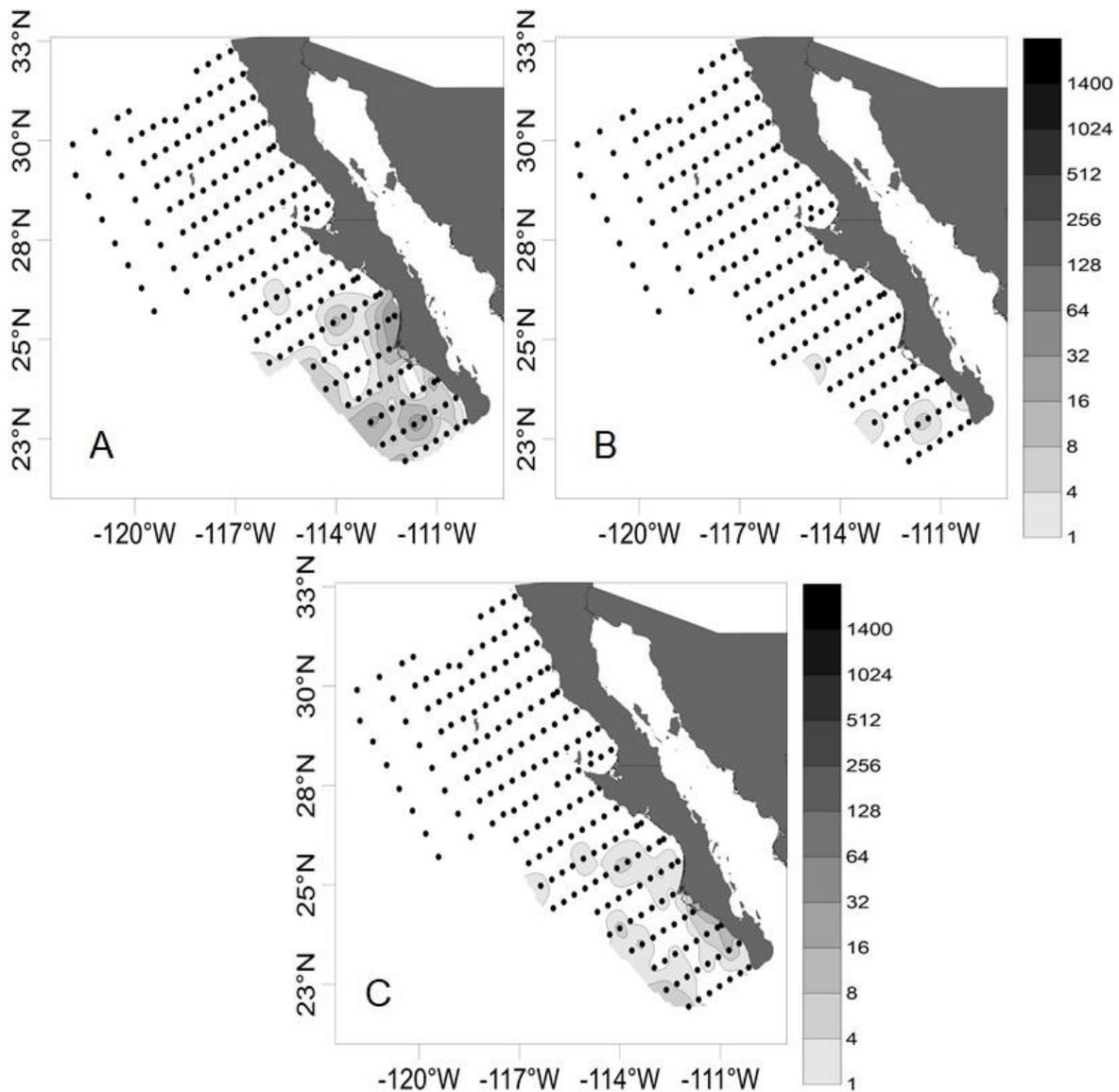
**Figura 12.** Distribución de A) *Atlanta californiensis*, B) *Atlanta rosea*, C) *Atlanta fragilis* durante verano-otoño de 2015. La escala representa org/m<sup>3</sup>.

Las especies *A. lesueurii* (Fig. 13 A), *A. echinogyra* (Fig. 13 B), *A. plana* (Fig. 13 C), *A. frontieri* (Fig. 13 D), *A. inclinata* (Fig. 14 A), *A. gibbosa* (Fig. 14 B) y *O. inflatus* (Fig. 14 C) solo se registraron en la región sur del área de estudio con valores de abundancia altos > 60 org/m<sup>3</sup>, excepto *A. lesueurii* que apareció en ocho estaciones

en la región norte, pero a su vez esta especie fue la más abundante hasta llegar a 286 org/ m<sup>3</sup>.

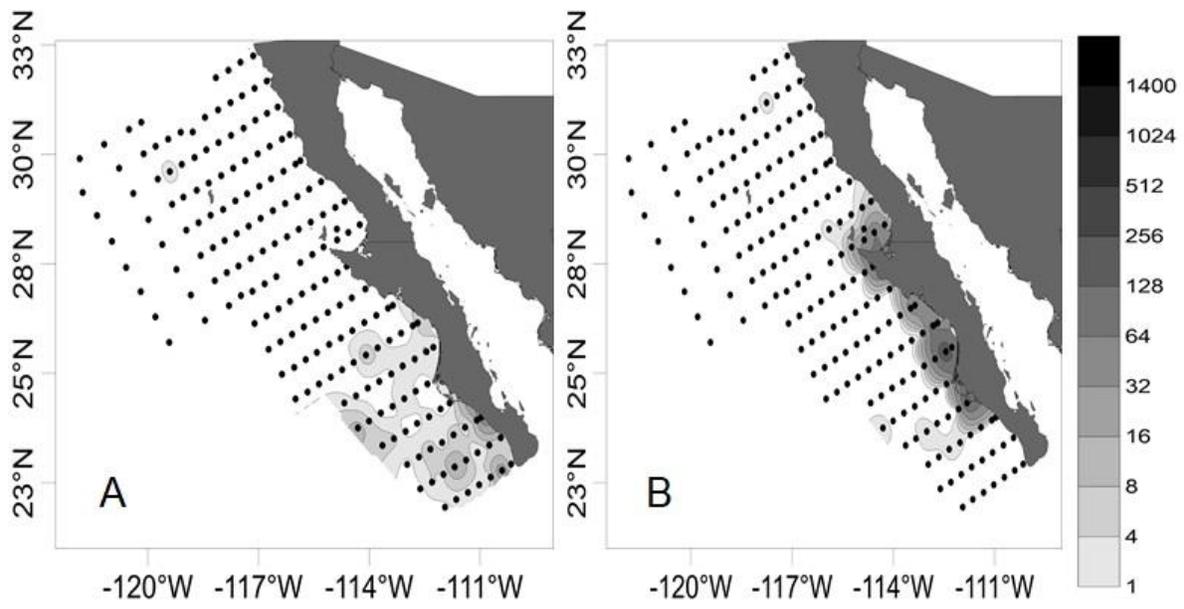


**Figura 13.** Distribución de A) *Atlanta lesueurii*, B) *Atlanta echinogyra*, C) *Atlanta plana* y D) *Atlanta frontieri* durante verano-otoño de 2015. La escala representa org/m<sup>3</sup>.



**Figura 14.** Distribución de A) *Atlanta inclinata*, B) *Atlanta gibbosa* y C) *Oxygyrus inflatus* durante verano-otoño de 2015. La escala representa  $\text{org}/\text{m}^3$ .

En el caso de las especies *A. tokiokai* (Fig. 15 A) y *A. sp.1* (Fig. 15 B) se encontraron en mayor abundancia en la región sur con valores por encima de los  $60 \text{ org}/\text{m}^3$ , pero también presentaron valores bajos de abundancia en la región norte  $<60 \text{ org}/\text{m}^3$ .



**Figura 15.** Distribución de A) *Atlanta tokiokai* y B) *Atlanta sp.1* durante verano-otoño de 2015. La escala representa  $\text{org}/\text{m}^3$ .

### 7.5. Efecto de los gradientes ambientales

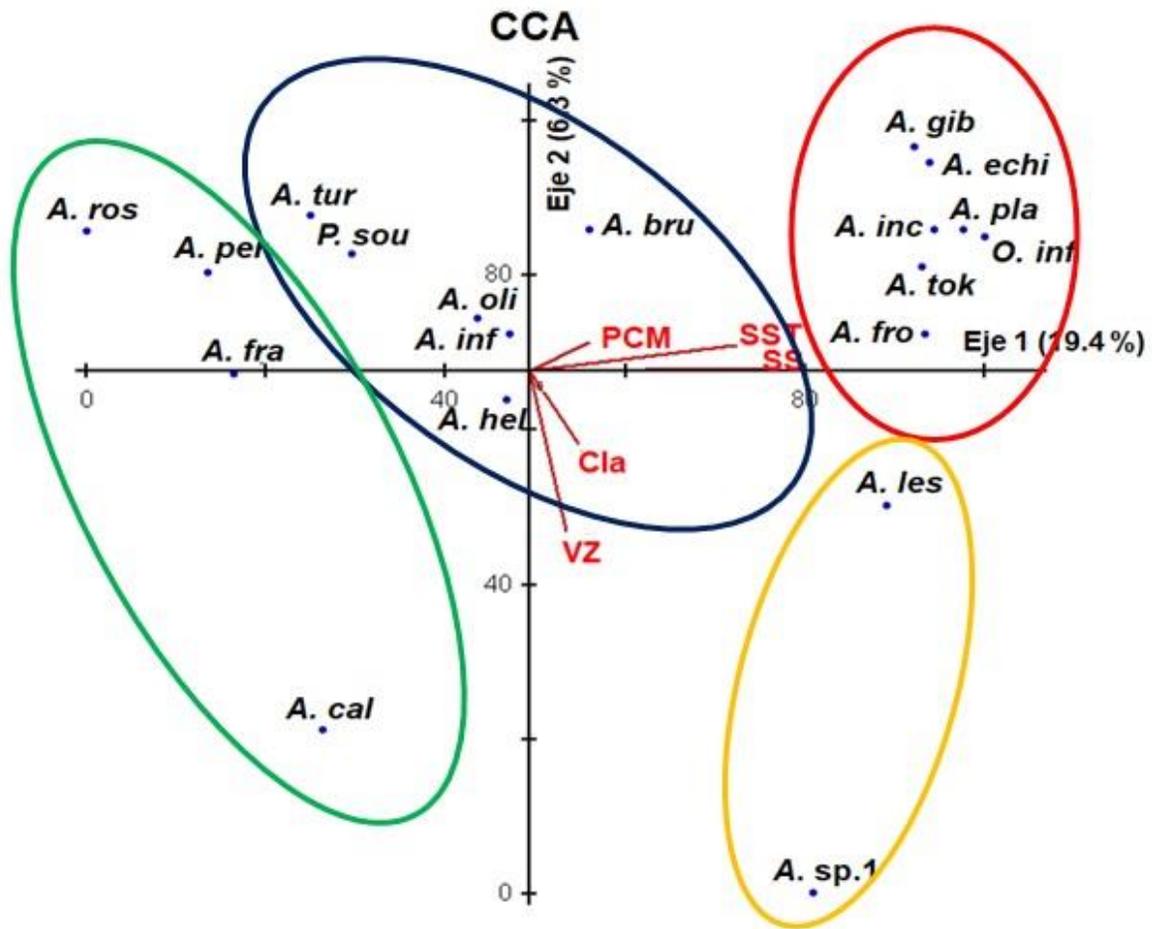
El análisis de correspondencias canónicas (CCA) para toda el área de estudio explicó en los dos primeros ejes el 25.7% de la varianza acumulada. Para el eje 1 (19.4%), el valor de correlación de Pearson fue de 0.910 y las variables que determinaron la distribución fueron la temperatura ( $r=0.786$ ), y la salinidad ( $r=0.892$ ), mientras que en el segundo eje (6.3%) el valor de correlación de Pearson fue de 0.650 y la variable con la mayor correlación fue el VZ ( $r=-0.618$ ) (Tabla 2).

**Tabla 2.** Resultados del análisis de correspondencia canónica para la costa occidental de la península de Baja California.

	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Eigen valor	0.397	0.129	0.078
% de varianza explicada	19.4	6.3	3.8
% acumulado explicado	19.4	25.7	29.4
Correlación de Pearson (especies-ambiente)	0.910	0.650	0.641
Correlaciones			
Temperatura	<b>0.786</b>	0.098	0.058
Salinidad	<b>0.892</b>	0.013	-0.126
Clorofila-a	0.187	-0.279	0.207
Capa de mezcla	0.228	0.109	-0.235
Volumen zooplanctónico	0.139	<b>-0.618</b>	-0.065

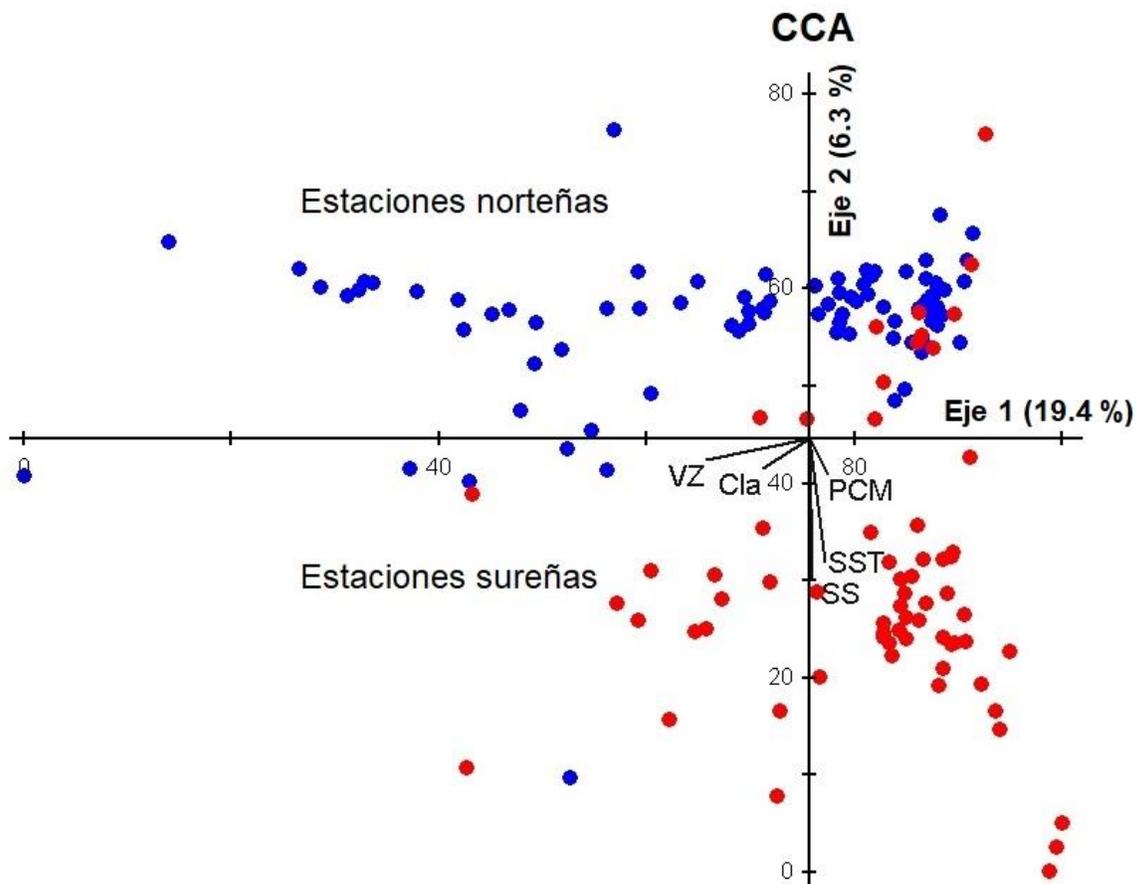
El diagrama de dispersión por especies para la costa occidental de la península de Baja California (Fig. 16) mostró la separación general observada en los patrones de distribución antes descritos. *A. californiensis*, *A. fragilis*, *A. rosea*, y *A. peronii* cuya distribución es principalmente norteña, estuvieron asociadas a valores bajos de temperatura, salinidad, Cl-a, VZ y una PCM somera. *A. lesueurii* y *Atlanta* sp.1 estuvieron asociadas a valores altos de clorofila-a y VZ, mientras que *A. frontieri*, *A.*

*tokiokai*, *A. inclinata*, *A. gibbosa*, *A. echinogyra*, *A. plana* y *O. inflatus* con distribución principalmente sureña estuvieron asociadas con altos valores de temperatura y salinidad.



**Figura 16.** Diagrama de dispersión del eje 1 vs. eje 2 obtenidos por medio del CCA para la costa occidental de la península de Baja California.

La ordenación de estaciones en el diagrama de dispersión para la costa occidental de la península de Baja California (Fig. 17) mostró que las estaciones norteñas estuvieron relacionadas con valores bajos de temperatura, salinidad, VZ, Cl-a y una PCM somera, mientras que las sureñas estuvieron relacionadas con altos valores de temperatura, salinidad, VZ, Cl-a y una PCM profunda.



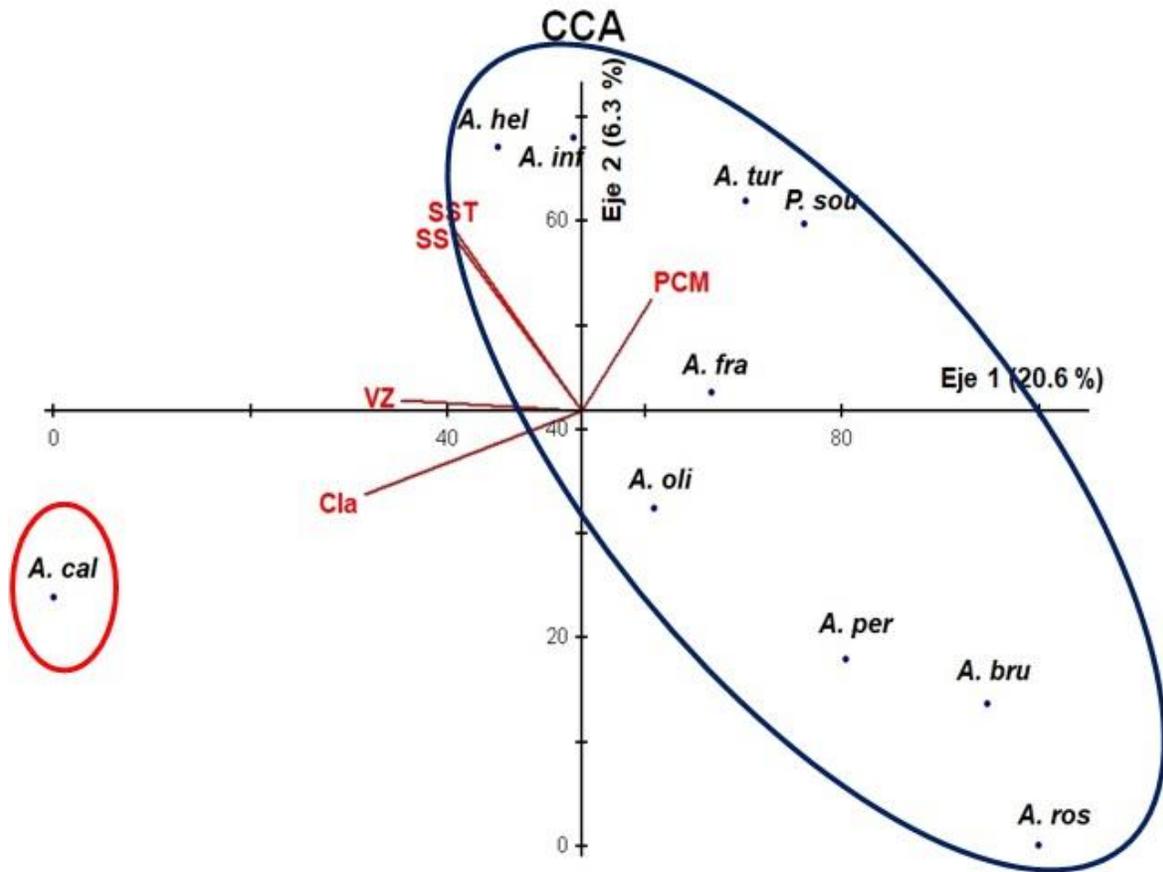
**Figura 17.** Diagrama de dispersión del eje 1 vs. eje 2 obtenidos por medio del CCA para la costa occidental de la península de Baja California. Los puntos azules representan las estaciones norteñas y los puntos rojos las estaciones sureñas.

El análisis de correspondencias canónicas (CCA) para la región al norte de Punta Eugenia explicó en los primeros 2 ejes el 26.3% de la varianza acumulada. Para el eje 1 (20.6%), el valor de correlación de Pearson fue de 0.761 y las variables que determinaron la distribución fueron la Cl-a ( $r=-0.611$ ), VZ ( $r=-0.507$ ), mientras que en el segundo eje (6.3%) el valor de correlación de Pearson fue de 0.624 y las variables con la mayor correlación fueron la temperatura ( $r=0.529$ ) y la salinidad ( $r=0.500$ ) (Tabla 3).

**Tabla 3.** Resultados del análisis de correspondencia canónica para la región al norte de Punta Eugenia.

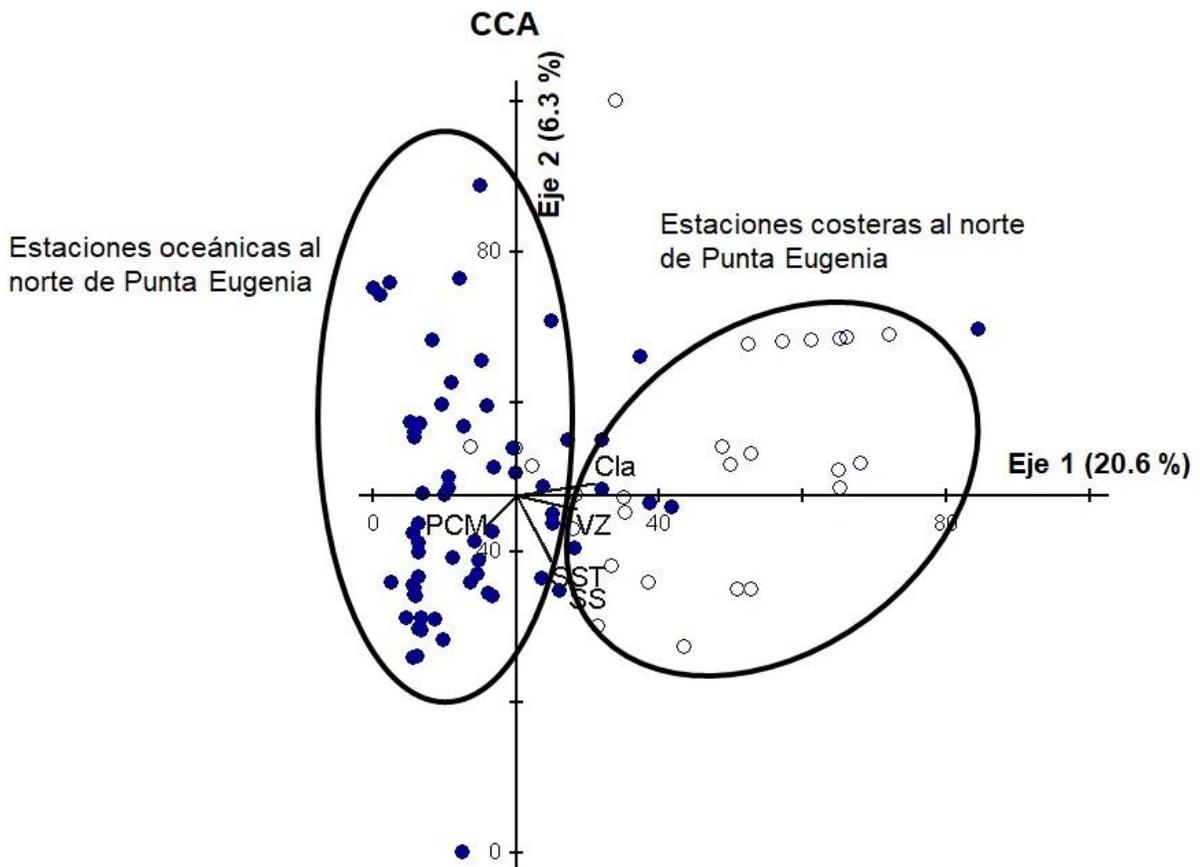
	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Eigen valor	0.183	0.056	0.014
% de varianza explicada	20.6	6.3	1.5
% acumulado explicado	20.6	27.0	28.5
Correlación de Pearson (especies-ambiente)	0.761	0.624	0.424
Correlaciones			
Temperatura	-0.374	<b>0.529</b>	-0.034
Salinidad	-0.369	<b>0.500</b>	-0.106
Clorofila- <i>a</i>	<b>-0.611</b>	-0.233	0.107
Capa de mezcla	0.197	0.312	-0.088
Volumen zooplanctónico	<b>-0.507</b>	0.030	-0.283

El diagrama de dispersión por especies para la región al norte de Punta Eugenia (Fig. 18) mostró una clara separación entre *A. californiensis* que es la única especie que es muy abundante tanto en la región nerítica como en la región costera, del resto de las especies que son principalmente de distribución oceánica *A. oligogyra*, *A. helicinoidea*, *A. inflata*, *A. peronii*, *A. rosea*, *A. fragilis*, *A. brunnea*, *A. turriculata* y *P. souleyeti*.



**Figura 18.** Diagrama de dispersión del eje 1 vs. eje 2 obtenidos por medio del CCA para la región al norte de Punta Eugenia.

La ordenación de estaciones en el diagrama de dispersión para la región al norte de Punta Eugenia (Fig. 19) mostró que las estaciones costeras estuvieron relacionadas con valores altos de temperatura, salinidad, VZ y Cl-a y con valores bajos de PCM. Mientras que las estaciones oceánicas estuvieron relacionadas con altos valores de la PCM y bajos valores de temperatura, salinidad, VZ y Cl-a.



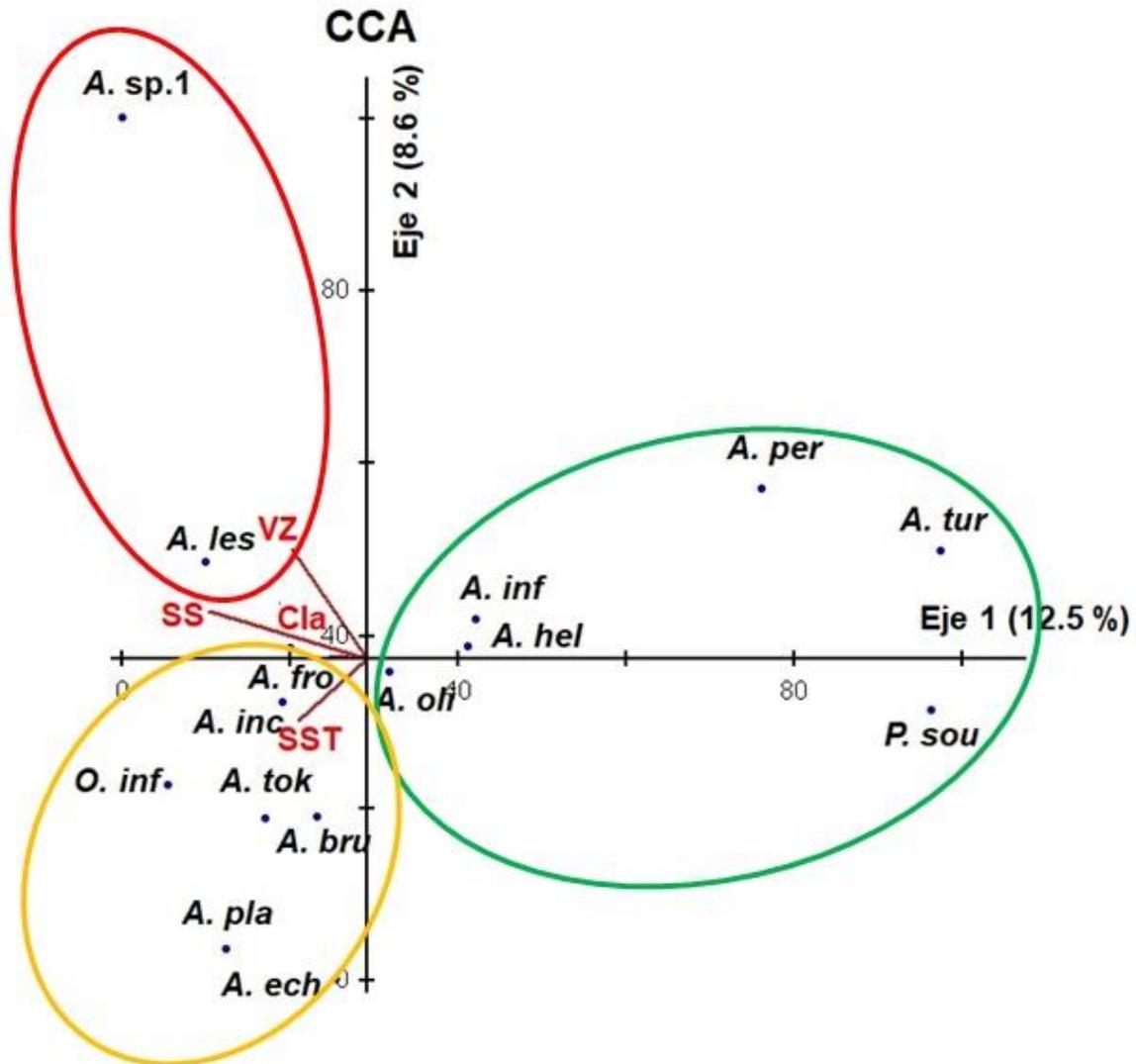
**Figura 19.** Diagrama de dispersión del eje 1 vs. eje 2 obtenidos por medio del CCA para la región al norte de Punta Eugenia. Los puntos azules vacíos representan las estaciones costeras y los puntos azules rellenos las estaciones oceánicas.

Para la región al sur de Punta Eugenia, el CCA mostró que entre los primeros dos ejes se explicó el 20 % de la varianza acumulada, dando que para el primer eje la varianza explicada fue de 12.5 % con un valor de correlación de Pearson de 0.780, y se encontró relacionado con la salinidad ( $r=-0.684$ ), mientras que para el segundo eje la varianza explicada fue de 8.6% con un valor de correlación de Pearson de 0.773 y la variable con que más se relacionó fue el VZ ( $r=0.509$ ) (Tabla 4).

**Tabla 4.** Resultados del análisis de correspondencia canónica para la región al sur de Punta Eugenia.

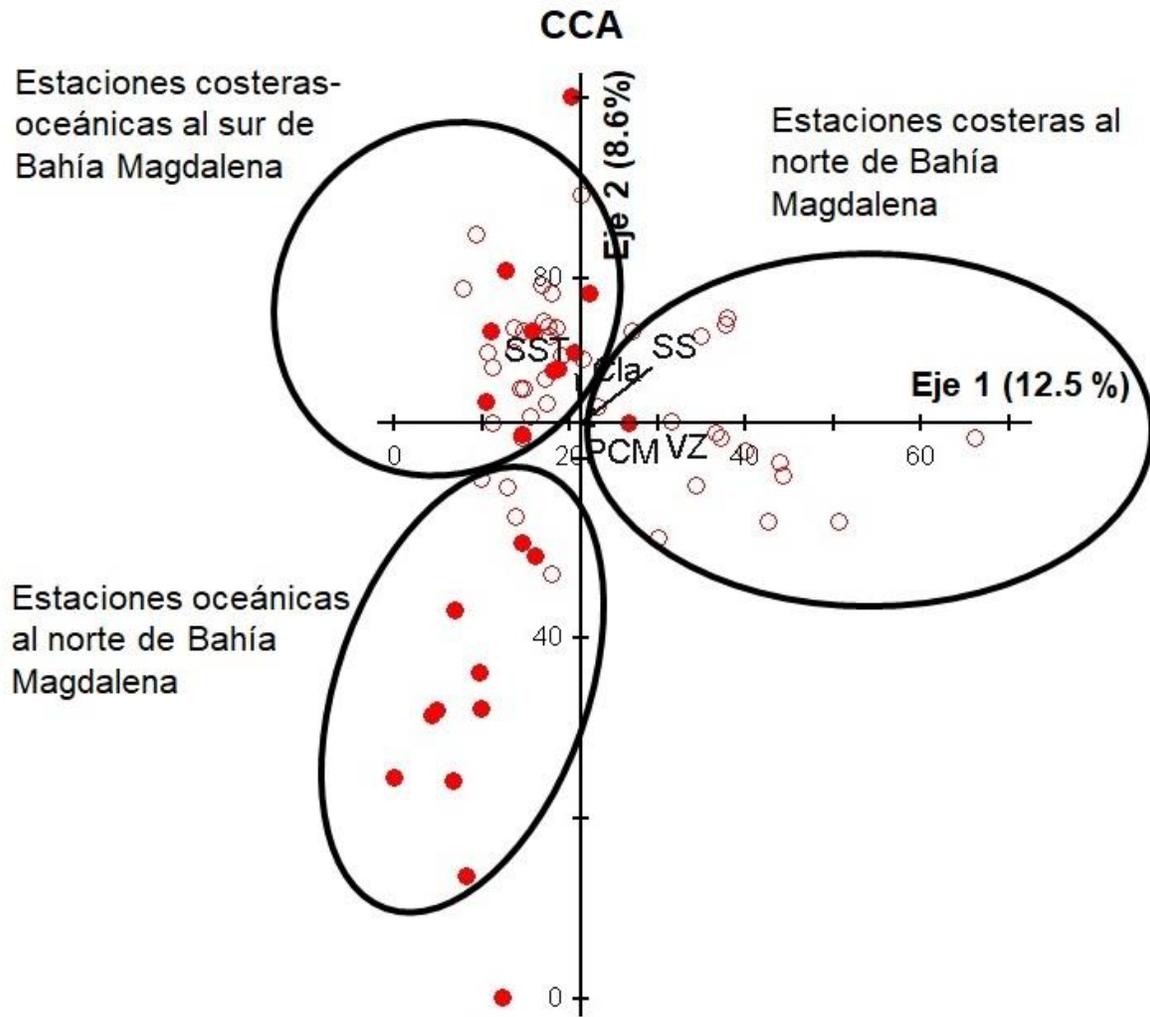
	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Eigen valor	0.171	0.117	0.018
% de varianza explicada	12.5	8.6	1.3
% acumulado explicado	12.5	21.1	22.4
Correlación de Pearson (especies-ambiente)	0.780	0.773	0.355
Correlaciones			
Temperatura	-0.300	-0.288	0.117
Salinidad	<b>-0.684</b>	0.224	-0.039
Clorofila- <i>a</i>	-0.162	0.116	-0.088
Capa de mezcla	-0.037	0.107	-0.252
Volumen zooplanctónico	-0.325	<b>0.509</b>	0.173

El diagrama de dispersión por especies para la región al sur de Punta Eugenia (Fig. 20) mostró una separación general observada en los patrones de distribución antes descritos con una clara separación entre las especies. *A. lesueurii* y *A. sp.1* se distribuyen fundamentalmente en la región costera al norte de Bahía Magdalena, *A. oligogyra*, *A. inflata*, *A. helicinoidea*, *A. peronii*, *A. turriculata*, y *P. souleyeti* se distribuyen en la región oceánica al norte de Bahía Magdalena y las especies *A. frontieri*, *A. plana*, *A. inclinata*, *A. echinogyra*, *A. tokiokai*, *A. brunnea* y *O. inflatus* se distribuyen tanto en la región costera como oceánica al sur de Bahía Magdalena.



**Figura 20.** Diagrama de dispersión del eje 1 vs. eje 2 obtenidos por medio del CCA para la región al sur de Punta Eugenia.

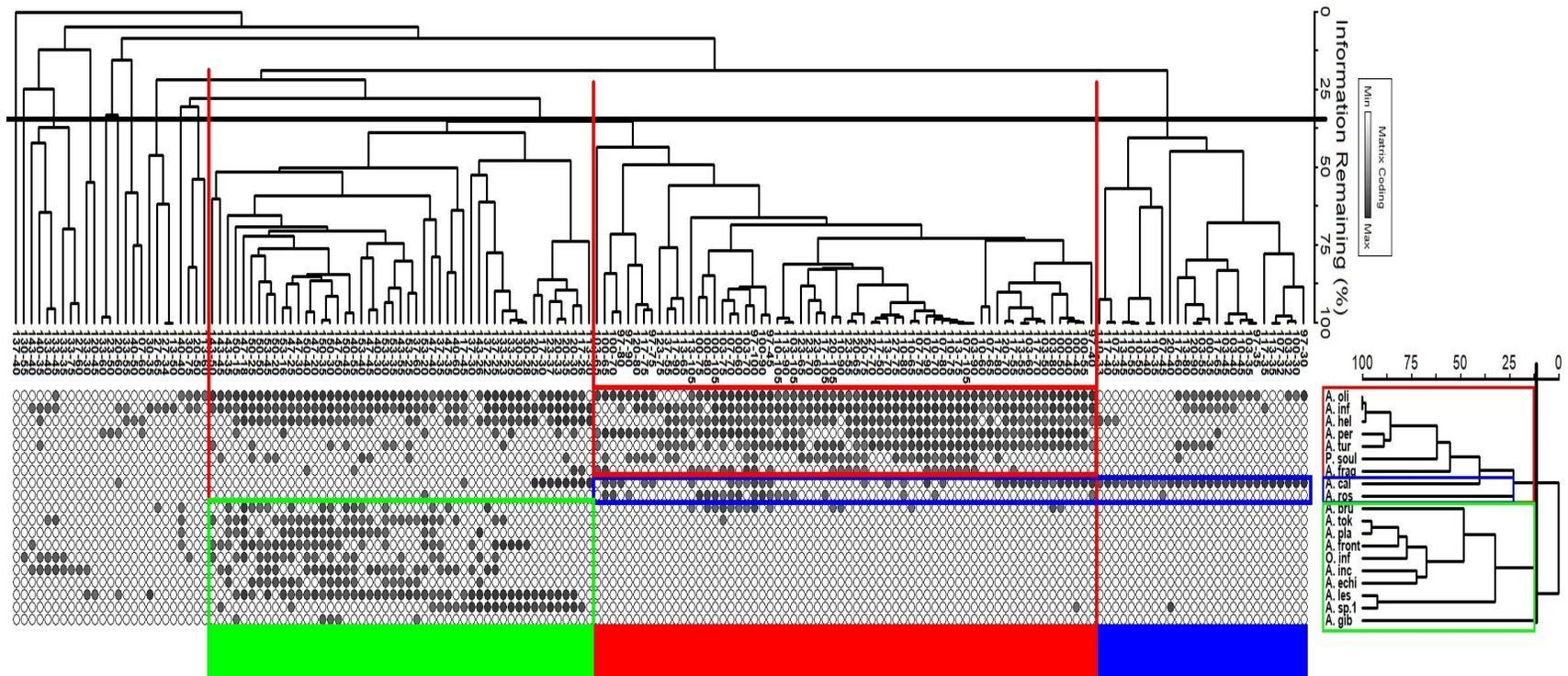
La ordenación de estaciones en el diagrama de dispersión para la región al sur de Punta Eugenia (Fig. 21) mostró que las estaciones costeras estuvieron relacionadas tanto con valores altos y bajos de temperatura, salinidad, volumen zooplanctónico y clorofila-a. Mientras que las estaciones oceánicas se relacionaron con bajos valores de estas variables.



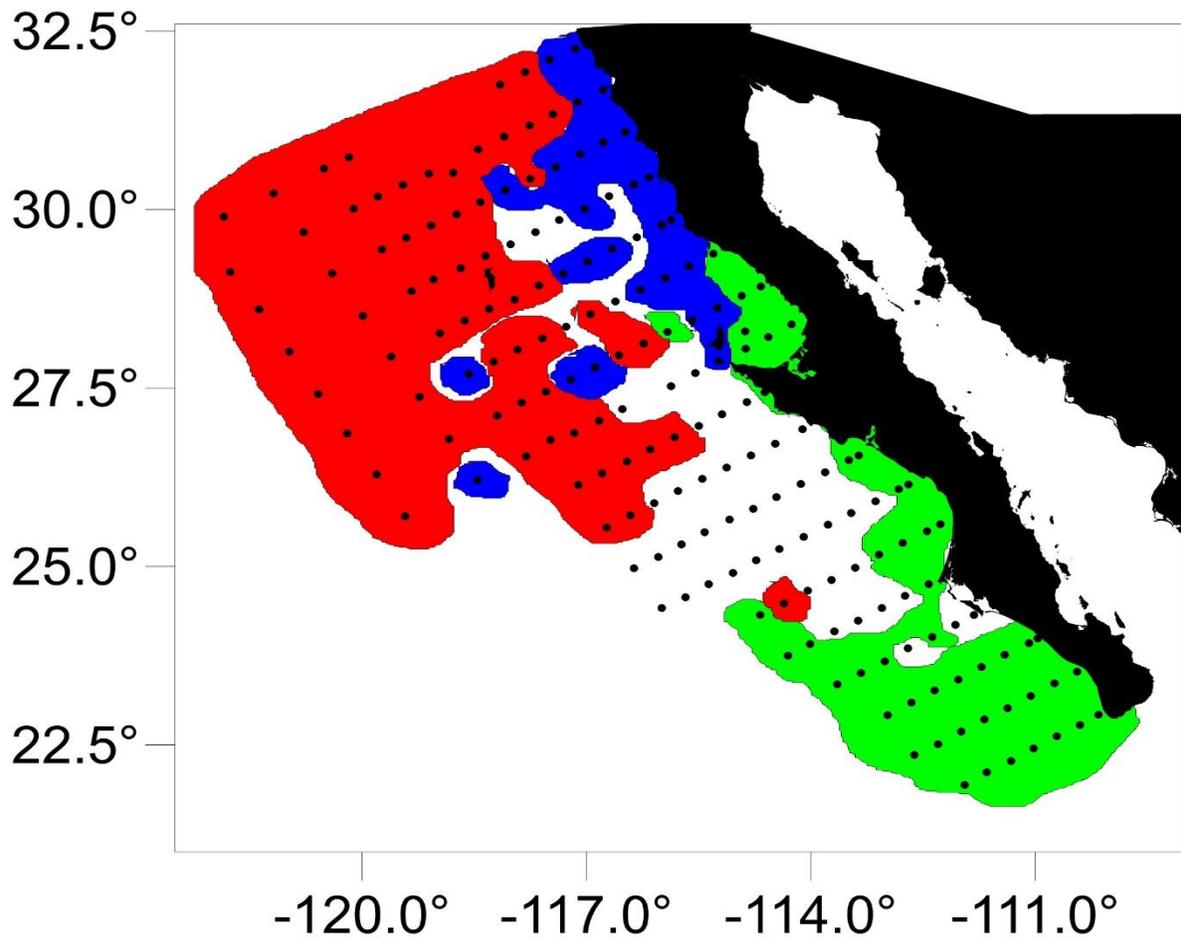
**Figura 21.** Diagrama de dispersión del eje 1 vs. eje 2 obtenidos por medio del CCA para la región al sur de Punta Eugenia. Los puntos rojos vacíos representan las estaciones costeras y los puntos rojos rellenos las estaciones oceánicas.

## 7.6. Asociaciones

El análisis de grupos mostró que durante verano-otoño de 2015, se observaron tres nodos principales al 38 % de similitud (Fig. 22 y 23) que definieron dos grupos. El primer nodo estuvo representado por un subgrupo de 7 especies (*A. oligogyra*, *A. inflata*, *A. helicinoidea*, *A. peronii*, *A. turriculata*, *A. fragilis*, y *P. souleyeti*) distribuidas principalmente en estaciones norteñas oceánicas (barra roja) y un segundo subgrupo compuesto por *A. californiensis* y *A. rosea* (barra azul) asociadas a estaciones costeras-oceánicas norteñas. El segundo nodo estuvo compuesto por *A. plana*, *A. frontieri*, *A. inclinata*, *A. brunnea*, *A. echinoyra*, *A. lesueurii*, *A. tokiokai*, *A. gibbosa*, *Atlanta* sp.1 y *O. inflatus* con una distribución principalmente sureña (barra verde), que de Bahía Vizcaíno a Bahía Magdalena es predominantemente costera, pero al sur de Bahía Magdalena es tanto costera como oceánica.



**Figura 22.** Análisis de cluster de 2 vías. La línea negra indica el corte al 38% de similitud.



**Figura 23.** Mapa de contorno de los grupos de estaciones formadas a partir del análisis de cluster de 2 vías para la costa occidental de la península de Baja California. El color azul representa a las especies norteñas con distribución costera-oceánica, el color rojo a las especies norteñas con distribución oceánica y el color verde las especies sureñas con distribución costera-oceánica.

## 8. Discusión

### 8.1. Caracterización del ambiente

Oceanográficamente, al año 2015 le anteceden e incluye una serie de eventos de calentamiento inusuales para el Este del Pacífico Norte tales como la ola cálida del Pacífico Norte, casi simultánea con un evento El Niño (EN) débil en 2014 y posterior evento El Niño (EP-EN) 2015-2016, que al comienzo se pensó su intensidad sería equivalente a la de los Niños 82-83 y 97-98, debido a la aparición de aguas anómalas cálidas en la porción sur del SCC durante la primavera-verano de 2014 (Lilly *et al.*, 2016). Este evento presentó su máxima intensidad en octubre de 2015, donde las anomalías mensuales de TSM alcanzaron los 3.0 ° C, excediendo lo observado durante El Niño 1997-1998 (noviembre de 1997 = 2.9 ° C) (Robinson, 2016); por lo que se consideró entre los tres eventos más intensos en los registros históricos, comparable con los eventos El Niño 1982-1983 y 1997-1998 (Bond *et al.*, 2015; Schiermeier, 2015; Whitney, 2015; Di Lorenzo & Mantua, 2016; Varotsos *et al.*, 2016; Levine & McPhaden, 2016). En cuanto a la duración de los fenómenos de calentamiento de este período, se puede considerar este periodo de anomalías positivas de temperatura como unos de los más largos ya que presentó anomalías positivas por varios meses (2013–2016) (Leising *et al.*, 2015; McClatchie *et al.*, 2016; Chao *et al.*, 2017). Dada la magnitud de los índices climáticos para El Niño 2015-2016, se pronosticaron cambios significativos (Leising *et al.*, 2015; Varotsos *et al.*, 2016; MacClatchie *et al.*, 2016) en la estructura de las comunidades pelágicas. No obstante, los efectos ocasionados en la Cl-a, VZ y temperatura superficial, al norte de Ensenada fueron débiles comparados con eventos El Niño anteriores, al menos en lo que respecta a las características físicas del sistema de la CC y en la producción primaria (Jacox *et al.*, 2016). Sin embargo, la coincidencia de este evento con las condiciones anómalas sostenidas de calentamiento desde el 2013 en el Pacífico Norte, si determinaron la persistencia de valores bajos de biomasa fitoplanctónica (Jacox *et al.*, 2016, Gómez-Ocampo *et al.*, 2017 b). Estas anomalías térmicas positivas persistentes entre 2013 y 2016 al norte de Ensenada, causaron fuertes respuestas especie-específicas en la distribución de diversas

especies marinas, mediadas por cambios en la temperatura superficial del mar y la clorofila-a (Leising *et al.*, 2015; McClatchie *et al.*, 2016).

En la costa occidental de la península de Baja California (región sur del sistema de la CC), los efectos causados por las anomalías térmicas entre 2014 y 2016 han sido evaluados para algunos grupos del zooplancton (Meza-Zamora, 2016; De la Rosa, 2018; Uribe-Prado, 2018). No obstante, las características físicas de esta región han tenido un seguimiento relativamente continuo, que muestra que la climatología del área de estudio al norte de Punta Eugenia, estuvo caracterizada por la presencia de anomalías positivas de temperatura de hasta 5 °C y salinidad  $\sim 0.7$ , (Durazo & Baumgartner, 2002; Durazo, 2009; Durazo, 2015; Gaxiola-Castro *et al.*, 2010) y un hundimiento de la CC aproximadamente a unos 100 m de profundidad (Durazo *et al.*, 2017). Al sur de Punta Eugenia, trabajos anteriores detectaron advección de agua tropical y subtropical a partir de verano de 2014 relacionada con un flujo costero hacia el polo, característico de años El Niño (Durazo, 2015; McClatchie *et al.*, 2016; Durazo *et al.*, 2017) y dada su intensificación, el flujo geostrofico que se muestra en este trabajo alcanzó la región norte en 2015, modificando las condiciones hidrográficas, con aguas más cálidas que regularmente se encuentran al sur, explicando con esto la amplia dispersión de datos en los diagramas T/S aquí mostrados.

Otra de las alteraciones detectadas fueron los valores bajos de Cl-a y VZ, que pueden estar relacionados con los resultados de Gómez-Ocampo *et al.* (2017 a-b) y Wells *et al.* (2017) que muestran una mayor estratificación vertical de la columna de agua y el hundimiento de la capa de mezcla ( $\sim 40$  y 27 m en la zona oceánica y costera, respectivamente) y de la picnoclina ( $\sim 30$  m), así como un reducido aporte de nutrientes hacia la superficie. Dichos cambios son consistentes con la tendencia decreciente de Cl-a y biovolumen zooplanctónico identificada por diversos autores a lo largo del Pacífico Nororiental (Leising *et al.*, 2015; Cavole *et al.*, 2016; McClatchie *et al.*, 2016), asociada a la presencia del blob del Pacífico Norte, El Niño débil de 2014 y al evento El Niño 2015-2016 (Bond *et al.*, 2015; Kintish, 2015;

Peterson *et al.*, 2015, Di Lorenzo & Mantua, 2016), y parecen haber determinado efectos diferentes a los ocurridos durante eventos de El Niño anteriores, definidos más por la duración del calentamiento de la zona desde 2014, que por la intensidad en si misma del El Niño 2015-2016. Es decir, el tiempo prolongado con bajos valores de CI-a parecen haber determinado la disminución de hasta el 50% del volumen zooplanctónico promedio observado en años anteriores (Uribe-Prado, 2018).

La costa occidental de la península de Baja California ha sido caracterizada por su alta productividad biológica, ligada a las surgencias estacionales impulsadas por el viento y el flujo de la Corriente California (Castro & Martínez, 2010; Durazo *et al.*, 2010; Gaxiola-Castro *et al.*, 2010; Durazo, 2015). Es considerada un área transicional en la cual convergen diferentes masas de agua y complejos faunísticos de especies planctónicas de los dominios templado y subtropical (Brinton, 1962; Lynn y Simpson, 1987). Aunque el período de verano-otoño de 2015, estuvo dentro del período de máxima influencia de la ola cálida del Pacífico Norte (Bond *et al.*, 2015; Di Lorenzo y Mantua, 2016; Durazo *et al.*, 2017) y dentro de la etapa de desarrollo de uno de los eventos El Niño más intensos del registro histórico (Varotsos *et al.*, 2016; Levine & McPhaden, 2016), la costa occidental de la península de Baja California mantuvo una diferenciación regional norte-sur delimitada por la prominencia costera de Punta Eugenia muy similar a la observada en diversos trabajos (una provincia al norte y otra al sur de Punta Eugenia en base a las masas de agua, surgencias, flujos geostroficados y diagramas T-S) y en condiciones ambientales diferentes (Durazo & Baumgartner, 2002; Jerónimo & Gómez-Valdés, 2006; Durazo, 2009; Durazo, 2015; Durazo *et al.*, 2010).

Espacialmente, las variables ambientales del ecosistema pelágico frente a la península de Baja California muestran el gradiente latitudinal típico de la zona (Durazo & Baumgartner, 2002, Durazo *et al.*, 2010) y los análisis estadísticos confirman una separación en dos ecosistemas al norte y sur de Punta Eugenia con características oceanográficas distintas igual a lo registrado por Jerónimo & Gómez-Valdés (2006); Durazo *et al.* (2010); Durazo (2015). En el período de estudio la

temperatura superficial osciló entre 21 y 28 ° C, esto debe ser consecuencia de las condiciones previas al evento El Niño que muestran la influencia del calentamiento en la región del Pacífico Nororiental (Durazo *et al.*, 2017). Este calentamiento anómalo comenzó durante el invierno boreal de 2013-2014 y se relacionó con un cambio en la presión atmosférica superior a la normal, que altera los vientos del oeste generando mezcla en la columna de agua (Bond *et al.*, 2015).

Específicamente para el verano-otoño de 2015, la región al norte de Punta Eugenia estuvo caracterizada por un incremento de temperatura superficial (21.4 a 26 °C) y salinidad superficial (33.2 a 34.5) que se contrastó con el promedio climatológico que va de 17.2 °C y 33.5 a 33.7 (Durazo, 2015). La presencia de las bajas temperaturas al norte, probablemente estuvo asociada a procesos de surgencias característicos de la temporada de verano en la costa occidental de la península de Baja California (Lynn & Simpson, 1987; Espinosa-Carreón *et al.*, 2004). En la zona costera entre Ensenada y Bahía Vizcaíno la pendiente positiva de las isotermas e isohalinas, mostraron la presencia de eventos de surgencia característicos para la región, mismos que han sido atribuidos a la influencia de los vientos del noroeste que circulan paralelos a la costa y a la topografía del área (Parés-Sierra *et al.*, 1997; Castro & Martínez, 2010; Durazo, 2015). Se observó una capa de mezcla somera en la región norte (10 y 34 m en la zona oceánica y costera) lo cual está relacionado con los bajos valores de temperatura y salinidad. Esta región se caracterizó por la presencia de aguas más frías y menos saladas como el SAW, que es una masa de agua que viaja cerca de la superficie caracterizada por un flujo hacia el ecuador de la corriente de California y por presentar valores de temperatura (10°C–21°C) y salinidad relativamente mínima cerca de la superficie (Lynn & Simpson, 1987) y la TrW que es una masa de agua transicional. El flujo geostrófico mostró una corriente hacia el polo que viene desde el sur paralelo a la costa, asociada a valores bajos de Cl-a (menores a 0.8 mg m<sup>-3</sup>) (González-Rodríguez, 2008) con velocidades máximas de 50 cm s<sup>-1</sup> y mostraron la tendencia a desplazar agua más caliente y menos salada de la parte costera de la región sur, hacia la región al norte de Punta Eugenia donde se hunde la termoclina y la capa de mezcla por acumulación de agua. Además, se

observó otro flujo en dirección al oeste, un poco más alejado de la costa que llega hasta los 30° LN y la presencia de estructuras de mesoescala (Fig. 9) como son dos giros ciclónicos y un giro anticiclónico. Estas estructuras proporcionan condiciones adecuadas al transportar y concentrar aguas frías y ricas en nutrientes afuera de la zona costera que son aprovechadas por el fitoplancton (González-Rodríguez, 2008). Para la región norte las variables ambientales CI-a y VZ mostraron un gradiente costa-océano con valores muy bajos, encontrándose los valores más altos hacia la costa asociados a zonas de surgencia, como en Ensenada, y coincidieron con las áreas de alta productividad biológica reportadas por diversos autores (Hernández-Rivas *et al.*, 2000; Lluch-Belda, 2000; Espinosa-Carreón *et al.*, 2004). Estos valores igual pueden estar relacionados con la presencia del evento El Niño 2015-2016, ya que se ha reportado que este fenómeno provoca la disminución de la productividad primaria y la disminución de la biomasa del zooplancton (López-Ibarra & Palomares-García, 2006; Hernández-Trujillo *et al.*, 1987; Lavaniegos *et al.*, 1990; Lavaniegos *et al.*, 1998; Lavaniegos-Espejo *et al.*, 2002).

Por su parte, la región al sur de Punta Eugenia estuvo caracterizada por valores de temperatura y salinidad superficial por encima del promedio climatológico (Durazo, 2015). Los altos valores de temperatura y salinidad de esta región probablemente sean debido al avance hacia el norte de la Corriente de Davidson, que es una corriente cálida, que recorre de sur a norte la costa oeste de la península de Baja California (Sverdrup *et al.*, 1942). Además, se observó que ambas variables presentaron un gradiente latitudinal que confirma la influencia de la Corriente de California, debido a que Sverdrup *et al.* (1942) describe una salinidad de 33 para esta, pero hay mediciones más recientes (Lavín *et al.*, 2006) que la ubican en 34.4 en promedio, coincidiendo con lo registrado en este trabajo en el área de estudio. Se observó una PCM profunda en la región sur (38 y 50 m en la zona oceánica y costera) lo cual puede estar relacionado con los altos valores de temperatura y salinidad. La región sur se caracterizó además por la presencia de ESsW que debido a una mayor densidad es transportada debajo de la superficie hacia el polo por la CCC, especialmente durante años El Niño (Lynn & Simpson, 1987; Durazo &

Baumgartner, 2002; Durazo, 2015). También estuvo presente el StsW que es una masa de agua proveniente del sur de la península, que limita con la corriente de California por su borde oeste, que hace parte del giro del Pacífico norte, la cual es cálida, salada, baja en oxígeno disuelto y nutrientes (Lynn & Simpson, 1987; Durazo & Baumgartner, 2002; Durazo, 2015); así como el TrW que refleja una fuerte interacción y mezcla de masas de agua (Durazo & Baumgartner, 2002; Durazo, 2015) con una amplia dispersión de los datos en los diagramas T-S. Para la región sur la concentración de Cl-a y VZ fue baja, menor que los valores promedio que alcanzaron  $4 \text{ mg/m}^{-3}$  y  $1,450 \text{ ml/1000 m}^{-3}$  en la zona costera frente a Ensenada (Lluch-Belda, 2000; Espinosa-Carreón *et al.*, 2004; Lavaniegos *et al.*, 2010).

La disminución del VZ se puede explicar a partir de las bajas concentraciones de Cl-a y la baja productividad primaria que han sido reconocidas en eventos anteriores (Hayward *et al.*, 1994; Chávez, 1996) y que se repiten en el verano-otoño de 2015 como resultado de la llegada de aguas cálidas a la región.

Es importante resaltar que el área de estudio evidenció la diferenciación de dos regiones separadas por Punta Eugenia localizada a los  $28^\circ \text{ N}$ . Dicha regionalización se hace consistente con los resultados de separación provincial por hidrografía y productividad propuestas por diversos autores (Durazo & Baumgartner, 2002; Durazo, 2009; Durazo *et al.*, 2010; Gaxiola-Castro *et al.*, 2010; Durazo, 2015).

Varios autores han hecho una caracterización ambiental para el área de estudio (Lynn & Simpson, 1987; Durazo & Baumgartner, 2002; Espinosa-Carreón *et al.*, 2004; Gaxiola-Castro *et al.*, 2010; Lavaniegos *et al.*, 2010; Durazo, 2015) lo cual, junto a los datos ambientales registrados en este estudio, permitió identificar para verano-otoño de 2015 cambios importantes en las condiciones hidrográficas de la costa occidental de la península de Baja California, lo cual es resultado de la ocurrencia del evento El Niño 2015-2016 (Varotsos *et al.*, 2016; Levine & McPhaden, 2016).

## 8.2. Composición faunística

De las 23 especies de moluscos Atlantidae registradas en todo el mundo (Seapy, 2011; Wall-Palmer *et al.*, 2016 a, b), pudimos identificar en la costa occidental de la Península de Baja California 19 especies dentro de las que se incluyen dos de las que no se sabía de su presencia en el Pacífico Americano, ocho ampliaciones de distribución y un grupo de organismos que solo lograron ser identificados a género por lo que dada la similitud de sus características se agruparon en un solo tipo y se designaron como *Atlanta* sp. 1.

En el caso de *A. fragilis*, esta especie fue descrita por primera vez por Richter en 1993 a lo largo del océano Atlántico Central. No obstante, las revisiones de Wall-Palmer *et al.* (2018) en ejemplares de colecciones de museos mostraron que su ausencia en otras regiones del océano respondía más a errores en su identificación, por lo que los nuevos registros actualmente la ubican en el Pacífico sur, Indo Pacífico, Mar de China y Hawaii. Su presencia en el Pacífico Americano es importante desde el punto de vista biogeográfico ya que podríamos sugerir un cambio de estatus a especie de distribución circumtropical. Adicionalmente su presencia casi exclusiva en nuestros datos para la región norte principalmente en la zona oceánica sugiere el ingreso de esta especie al SCC desde Hawaii en el Pacífico norte y no su transporte desde zonas tropicales del sur.

El mismo caso es para *A. rosea*, descrita por primera vez por Gray en 1850 con distribución en el Mar de China Oriental, Richter & Seapy (1999) la consideran circumtropical en los 3 océanos y la revisión de organismos depositados en diferentes colecciones mostró que estos organismos presentan registros en diferentes regiones del Atlántico y del Pacífico Central (Wall-Palmer *et al.*, 2018). Xu & Li (2005) y Xu (2007) han encontrado a esta especie abundante en la Corriente de Kuroshio y la presencia de *A. rosea* exclusivamente en la región norte central del área de estudio indica nuevamente su ingreso al SCC desde el Pacífico Central hacia las costas de América y no desde el sur. Estos dos ejemplos, también sugieren que durante el período anómalo de calentamiento ocurrido por El Niño 2015-2016,

la incorporación de especies de afinidad tropical-subtropical no ocurre solamente por procesos de advección en dirección sur a norte.

La presencia de las ocho especies que corresponden ampliaciones de distribución (*A. helicinoidea*, *A. brunnea*, *A. tokiokai*, *A. frontieri*, *A. echinogyra*, *A. plana*, *A. gibbosa*, y *O. inflatus*) en el área de estudio, permite confirmar que tienen una distribución global en las regiones tropicales (Wall-Palmer *et al.*, 2016c). Desde el punto de vista biogeográfico la presencia de estas especies en la zona es importante ya que nos permite ampliar la información sobre su biogeografía y refleja el carácter tropical que va a tener el área de estudio.

El área de estudio es una región transicional de faunas para organismos del zooplancton que incluye masas de agua de la región del Pacífico Ecuatorial, Central y Transicional (McGowan, 1960; Brinton, 1962; McGowan & Walter, 1979). Adicionalmente, para la fauna de la zona nerítica, aproximadamente en Bahía Magdalena se encuentra la frontera entre la provincia biogeográfica mexicana y la de San Diego (Del Moral-Flores, 2010). Esto determina para la región una combinación de biotas del dominio templado, subtropical y tropical que han sido mostrados ya para varios grupos del zooplancton, incluyendo eufáusidos, adultos y larvas de peces, y copepódos (Brinton, 1962; Briggs, 1974; Hubbs, 1960; Hewitt, 1981; Funes-Rodríguez *et al.*, 2009; Peiro-Alcantar *et al.*, 2016).

En el caso de los moluscos Atlantidae la mayoría de las especies se encuentran principalmente distribuidas en aguas cálidas (Thiriot-Quievreuxm, 1973; de Vera & Seapy, 2006) y solo existen unos pocos trabajos que las han reportado para aguas frías (Seapy & Richter, 1993; Cummings & Seapy, 2003; Wall-Palmer *et al.*, 2014). La variación estacional de la abundancia de Atlantidae es compleja y está estrechamente relacionada con los cambios en las corrientes (Wall-Palmer *et al.*, 2016c) y algunas especies igual han sido usadas como indicadoras de eventos cálidos (Cruz 1996, 1998 y 2012). De esta manera, la composición de especies encontrada en este estudio refleja el predominio del componente tropical, favorecido

por el período (verano-otoño) en el que se encuentran los valores más altos de temperatura en el año y la consecución de eventos de calentamiento en la región observados desde 2013 a 2015.

Es importante notar que la alta riqueza de especies encontrada en este trabajo es resultado del carácter transicional de la zona, de las condiciones predominantemente cálidas del período de estudio y de la ventana espacial del muestreo (que para el caso de este grupo taxonómico es la más grande realizada en la historia). No obstante, la ventana temporal es sumamente estrecha por lo que no se descarta la presencia de otras especies en el área que puedan incluso resultar aun no descritas. Por ejemplo, el registro de *Atlanta* sp.1 al cual se le llamo así debido a que compartía caracteres de otras especies como *A. californiensis* y *A. peronii*, pero no se pudo llevar al nivel de especie. Este organismo podría ser una nueva especie incrementando la riqueza de especies en la zona, pero para corroborar eso haría falta un estudio genético.

Debe hacerse además la consideración de que para el Pacífico Americano se han registrado un total de 18 especies. De ese total, en este estudio se encontraron 16 lo que implica que en nuestros muestreos no se registró la presencia de *A. gaudichaudi* y *A. meteori* que se tienen registradas en el océano Pacífico y el Golfo de California (Angulo-Campillo *et al.*, 2011; Wall-Palmer *et al.*, 2016c). Las especies *A. selvagensis* y *P. sculpta* se encuentran dentro de las 23 especies registradas a nivel mundial, pero no fueron encontradas en esta zona. Esto pudiera confirmar que su distribución se restringe solo al océano Atlántico (de Vera & Seapy, 2006; Wall-Palmer *et al.*, 2016c; Wall-Palmer *et al.*, 2018). Por lo tanto, teniendo en cuenta el número de especies encontradas, más las dos especies que no fueron observadas, pero si están registradas para la zona y la especie que no se pudo identificar, se tienen los elementos para considerar a la Corriente de California, como el área donde se presenta una gran diversidad de las especies de la familia Atlantidae.

### 8.3. Caracterización ecológica

#### 8.3.1. Abundancia, distribución e índices comunitarios

En general se observó que la abundancia de Atlantidae en el área de estudio denota dos comunidades diferentes al norte y sur de Punta Eugenia. Además, un aspecto particularmente importante porque es contrario a lo que normalmente se acepta para este grupo de distribución preferentemente oceánica (Seapy, 2008; Ossenbrügger, 2010) es una mayor abundancia en la zona nerítica que supera a la que se presentó en la zona oceánica durante este estudio.

La mayor concentración de organismos en la región costera, en la Bahía de Sebastián Vizcaíno es un ejemplo de cómo la topografía influye en la distribución de los moluscos holoplanctónicos, ya que esta área se caracteriza por poseer una plataforma continental irregular estrecha pero que se ensancha al sur hasta alcanzar entre 110 y 140 km en esta zona y justo al norte de Bahía Magdalena (Arriaga-Cabrera *et al.*, 1998).

Esto permite a organismos de distribución preferentemente oceánica acercarse a las zonas costeras de mayor producción biológica. Las especies que presentan gran abundancia frente a la región costera de Bahía Sebastián Vizcaíno como *A. californiensis*, *A. helicinoidea*, *A. inflata*, *A. lesueurii* y *A. oligogyra*, han sido registradas como especies principalmente oceánicas (Spoel & Dadon, 1999; Seapy, 2008; Ossenbrügger, 2010). El efecto de la abundancia con relación a la distancia de la costa y la profundidad ha sido estudiado en Hawaii (Seapy, 2008) y en las islas de Cabo Verde (Ossenbrügger, 2010) donde encontraron que hay mayor abundancia de organismos en zonas oceánicas que zonas neríticas.

En la zona costera frente a Ensenada se encontraron además de manera abundante las especies *A. californiensis*, *A. helicinoidea*, *A. inflata*, *A. oligogyra* y *A. turriculata*. Esto coincide con lo reportado por McGowan (1967) en la costa occidental de la península de Baja California para las especies *A. peronii*, *A. turriculata* y *A. inflata*; que pueden ser tanto oceánicas como costeras. En el caso de *A. helicinoidea*,

Seapy (2008), la registró en áreas tanto neríticas como oceánicas, pero establece que su abundancia decrece drásticamente en aguas costeras, lo cual no concuerda con este trabajo, ya que presentó una alta abundancia en la zona costera.

Otro aspecto importante para resaltar es que los patrones de distribución y abundancia de los Atlántidos estuvieron relacionados con la división ambiental obtenida en el ACP de la costa occidental de la península de Baja California para este período de estudio, en el que se demostró la presencia de dos sistemas con características diferentes al norte y sur de Punta Eugenia. Mismas que se observan en los patrones de distribución y abundancia de los Atlantidae en este trabajo. Es decir, un grupo de especies distribuido en toda el área de estudio, un grupo de especies distribuido preferente o exclusivamente en la región al norte de punta Eugenia (p.ej. *A. peronii*, *A. californiensis*, *A. rosae* y *A. fragilis*) y un grupo distribuido preferente ó exclusivamente en la región al sur de Punta Eugenia (*Atlanta lesueurii*, *A. plana*, *A. inclinata*, *A. frontieri*, *A. echinogyra*, *A. tokiokai*, *A. gibbosa* y *Oxygyrus inflatus*).

Los índices ecológicos denotaron dos áreas de mayor diversidad, riqueza de especies y equidad separada por una región de ausencia o baja riqueza de especies. La distribución de estas dos áreas de mayor  $H'$ ,  $S$  y  $J$  es coincidente con los patrones generales de distribución de las especies y nos permiten identificar dos comunidades bien definidas separadas por áreas de ausencia de organismos de Atlantidae que aparentemente coinciden con el flujo geostrófico y con la presencia de giros ciclónicos y anticiclónicos frente a Punta Eugenia y Punta Baja.

Tomando en cuenta que las corrientes geostróficas observadas en este trabajo mostraron la formación de varios giros anticiclónicos y ciclónicos a lo largo de toda el área de estudio, se comparó la localización de estos con la distribución de los organismos y los índices ecológicos y se observó que estuvo relacionada con esta estructura de mesoescala. Se sabe que, para diferentes regiones de los océanos, los giros anticiclónicos tienden a transportar y acumular organismos en su centro

(Mackas & Galbraith, 2002; Angulo-Campillo, 2009) y para el sistema de corriente de California se ha observado una correspondencia entre las concentraciones de zooplancton y los giros anticiclónicos (Hickey, 1979; Halliwell *et al.*, 1983).

Las especies encontradas en este trabajo tienen una distribución mayormente en la zona epipelágica (Lali & Gilmer, 1989). Algunos autores como Tsurumi *et al.*, (2005) plantean que las especies que habitan en aguas más someras son desplazadas en una dirección similar a la del viento, mientras que aquellas que habitan a mayores profundidades quedan atrapadas en los giros, ocasionando así la concentración de los organismos al centro de este. En relación a esto, se observó *A. helicinoidea*, *A. oligogyra*, *A. turriculata*, *A. inflata*, *A. peronii* y *A. lesueurii* con una alta abundancia en la zona de Bahía Sebastián Vizcaíno, la cual corresponde a la formación del giro anticiclónico, Seapy (2008) encontró que en Hawaii, las tres primeras especies se distribuyen por encima de los 100 m y que las otras en rangos que van de los 160 a los 200 m. Debido a que estos organismos viven en la columna de agua, van a ser desplazados hacia aguas circundantes por el efecto de las corrientes marinas y no van a estar atrapados en el giro anticiclónico, fenómeno que se observa en su distribución, ya que son poco abundantes en la zona donde se registró el giro anticiclónico.

En el caso de la presencia del giro anticiclónico observado en la Bahía de Sebastián Vizcaíno, la distribución de las especies *A. helicinoidea*, *A. oligogyra*, *A. turriculata*, *A. inflata*, *A. peronii* y *A. lesueurii* y *A. californiensis* se mantuvo concentrada en el centro del giro. En las zonas donde se presentaron los giros ciclónicos, los organismos se distribuyeron tanto hacia el océano como hacia la costa. El primer giro ciclónico se observó alrededor de los 30° LN en la zona frente a Punta Baja, donde las especies *A. helicinoidea*, *A. oligogyra*, *A. turriculata*, *A. inflata*, *A. peronii*, *A. lesueurii*, *A. brunnea*, *A. californiensis*, *A. rosea* y *P. souleyeti* presentaron una distribución oceánica, y el otro giro se observó entre los 24 y 25° LN en la zona frente al Golfo de Ulloa donde la distribución de *A. helicinoidea*, *A. oligogyra*, *A. inflata*, *A. lesueurii*, *A. inclinata*, *A. tokiokai* y *O. inflatus* fue mayormente costera.

#### 8.4. Efecto de las variables ambientales

En la región al norte de Punta Eugenia, las variables biológicas (CI-a y VZ) presentan un mayor intervalo de variación comparadas con la región sur particularmente debido a que los fenómenos de surgencias son más frecuentes y más intensos al norte principalmente en el área de ensenada y Bahía Vizcaíno (Lluch-Belda, 2000; Espinosa-Carreón *et al.*, 2004; Gaxiola-Castro *et al.*, 2010; Lavaniegos *et al.*, 2010). Debido a esta mayor variabilidad principalmente con un gradiente costa océano, y debido a que el principal gradiente de abundancia de los Atlantidae es costa océano, la principal correlación encontrada en el ACC de la región norte es con las variables biológicas y también con las variables físicas. Al sur de punta Eugenia, el gradiente de CI-a disminuye y los gradientes más intensos los constituyen la salinidad y la VZ. Debido a esto, la distribución de las especies al norte de Punta Eugenia durante el verano-otoño de 2015, está relacionada con las variables físicas y las biológicas, separando a las especies en dos grupos: El primer grupo está compuesto por *A. californiensis* que es una especie con distribución costera, la cual está asociada a altos valores de CI-a. El segundo grupo está compuesto por las especies con distribución principalmente oceánica, donde *A. oligogyra*, *A. brunnea*, *A. rosea* y *A. peronii* están asociadas a bajos valores de temperatura, salinidad y VZ, mientras que *P. souleyeti*, *A. inflata*, *A. helicinoidea*, *A. turriculata* y *A. fragilis*, están asociadas con altos valores de temperatura, salinidad y profundidad de la capa de mezcla.

Para la región al sur de Punta Eugenia, durante el verano-otoño de 2015 la distribución de las especies estuvo relacionada principalmente a la salinidad y en menor medida con el VZ. En esta región se observó la separación de las especies en tres grupos: El primer grupo está compuesto por *Atlanta* sp.1 y *A. lesueurii* que tienen una distribución fundamentalmente costera al norte de Bahía Magdalena, relacionadas con altos valores de VZ y salinidad; el segundo grupo está compuesto por *A. oligogyra*, *A. turriculata*, *A. peronii*, *A. inflata*., *A. helicinoidea* y *P. souleyeti*, que son especies con distribución oceánica al norte de Bahía Magdalena, están asociadas con bajos valores de temperatura, salinidad y CI-a y VZ; y el tercer grupo

está compuesto por las especies *A. plana* , *A. echinogyra* , *A. tokiokai*, *A. brunnea*, *A. inclinata*, *A. frontieri* y *O. inflatus*, con distribución tanto costera como oceánica al sur de Bahía Magdalena; están relacionadas a valores altos de temperatura.

### **8.5. Asociaciones**

En el análisis de grupos de la familia Atlantidae se observó la formación de tres grupos, dos norteños con límite de distribución al sur en el área cercana a Punta Eugenia y uno al sur de punta Eugenia distribuido tanto en la región oceánica como en la costera. El grupo costero Norteño, estuvo dominado por *A. californiensis* de afinidad templada y muy abundante en la CC. El grupo oceánico norteño estuvo compuesto por varias especies de afinidad tropical-subtropical muy abundantes en el Pacífico central (*A. oligogyra*, *A. inflata*, *A. helicinoidea*, *A. peronii*, *A. brunnea*, *A. turriculata* y *Protatlanta souleyeti*), y el tercer grupo de afinidad tropical subtropical estuvo constituido por especies abundantes en el Pacífico Tropical Oriental (*A. lesueurii*, *A. inclinata*, *A. echinogyra*, *A. frontieri*, *A. plana*, *A. tokiokai*, *A. gibbosa* y *Oxygyrus inflatus*).

La distribución del grupo sureño es congruente con el flujo geostrófico y sugiere la advección que produce el transporte de organismos hacia el norte a lo largo de la zona costera desde Bahía Magdalena hasta Bahía Vizcaíno acompañando el flujo de agua proveniente del trópico como resultado del proceso de calentamiento debido a EL Niño 2015-2016 tal como lo reporta Lynn & Simpson (1987); Durazo & Baumgartner (2002); Durazo (2015); Durazo *et al.* (2017). Este flujo parece estar acumulando organismos en el área del Golfo de Ulloa y Bahía Vizcaíno, lo que provoca por un lado el transporte de especies tropicales desde el sur y por otro lado la acumulación de organismos de la familia Atlantidae en la zona costera incrementando en estas zonas la abundancia de especies que en otras regiones son más comunes en la zona oceánica.

El avance del grupo tropical-subtropical hacia el norte termina en el área frente a Punta Baja, justo donde el flujo geostrófico disminuye su intensidad y vira hacia el

océano. En este Punto el grupo sureño se mezcla con el norteño, fundamentalmente *A. californiensis* que también tiene una distribución principalmente costera. El grupo Norteño oceánico parece provenir más bien del pacífico central y nuestro principal argumento es la presencia de la especie *A. fragilis*, que aun siendo de afinidad tropical-subtropical no se ha reportado hasta ahora en el Pacífico Tropical oriental, sino más bien en el Pacífico central e Indo Pacífico. De esta manera, la distribución de las asociaciones sugiere que durante el evento de El Niño 2015-2016, la entrada de especies de afinidad a ambientes cálidos a las costas de la península de Baja California proveniente tanto del sur como del Pacífico Central.

Este mismo patrón se observa en el mapa de las anomalías promedio del nivel medio del mar, donde hay una corriente cálida que viaja desde el sur hasta el norte girando hacia la izquierda en Punta Baja la cual puede estar relacionada con el grupo sureño. De igual manera se observa otra corriente geostrofica fría pero más débil que viene desde el norte y se desvía la cual puede estar relacionada con los grupos norteños. Además, las masas de agua también colaboran para esta separación en tres grupos ya que hacia el norte se registró una masa de agua principalmente fría (SAW) que se corresponde con los grupos norteños, mientras que hacia el sur se registró una masa de agua cálida principalmente (ESsW) que se corresponde con el grupo sureño (Fig. 5).

En cuanto al análisis de cluster entre estaciones (Fig. 23), éste refleja que las estaciones de la región norte se encuentran separadas de aquellas de la región sur. La asociación de las estaciones costeras con estaciones oceánicas indica también la formación de un giro anticiclónico, ya que esto implica el transporte de aguas costeras hacia la parte oceánica de la costa occidental de la península de Baja California. Además, hubo estaciones tanto norteñas como sureñas que no se encontraron asociadas.

## 9. Conclusiones

1- La caracterización ambiental del área durante el periodo de estudio mostró que existen diferencias en las variables ambientales entre las regiones norte y sur que determinan de manera muy importante diferencias en la taxocenosis de los Atlantidae de la costa Occidental de la Península de Baja California.

2- La región es un área de alta diversidad de especies de Atlantidae ya que se encontraron 16 especies de las 18 descritas para el Pacífico Americano (PA). Además de 2 nuevos registros para el PA y una especie que no se ha podido identificar.

3- La alta diversidad de Atlantidae en la costa occidental de la península de Baja California se debe a dos circunstancias principales: 1) la presencia de un evento cálido fuerte El Niño 2015-2016; 2) por la ubicación entre dos provincias biogeográficas principales (Mexicana y San Dieguina), resaltando la importancia del área en la distribución de estos organismos.

4- La extensión del muestreo permitió el registro de ampliación de distribución de 8 especies (*Atlanta helicinoidea*, *A. brunnea*, *A. tokiokai*, *A. frontieri*, *A. plana*, *A. echinogyra*, *A. gibbosa* y *Oxygyrus inflatus*), lo que constituye un dato muy importante para el estudio de la biogeografía de este grupo de especies.

5- Las especies *A. rosea* y *A. fragilis* constituyeron nuevos registros para la costa occidental de la península de Baja California, asociados a las condiciones cálidas de El Niño 2015-2016.

6- La composición, distribución y abundancia de las especies encontradas concuerda con la regionalización ambiental, por lo que se concluye que en términos de la taxocenosis de Atlantidae, la región frente a Punta Eugenia determina el área de transición entre una comunidad sureña principalmente compuesta por especies

de afinidad tropical y una norteña por una mezcla de especies tropicales-subtropicales y de afinidad a ambientes templados, principalmente *A. californiensis*.

7- La distribución de las especies al norte de Punta Eugenia estuvo definida por variables biológicas y físicas, mientras que al sur presentó una distribución definida fundamentalmente por las variables físicas.

8- Las especies de Atlántidos conformaron tres grupos cuya distribución estuvo determinada por la disposición de las masas de agua y principalmente por las corrientes geostróficas, lo que sugiere que su distribución presentará cambios estacionales e interanuales relacionados con la dirección y fuerza de las corrientes que componen el Sistema de la Corriente de California frente a la Península de Baja California.

9- La composición de especies de asociaciones formadas por el análisis de grupos y su distribución permiten concluir que el transporte de agua de origen tropical proveniente del sur permitió la entrada de especies del Pacífico tropical oriental a lo largo de la zona costera desde Bahía Magdalena hasta Punta Baja, ocasionando una alta abundancia de especies de Atlantidae en la región costera particularmente del Golfo de Ulloa y Bahía Vizcaíno.

10- Especies de afinidad templada penetraron también por la costa, pero en dirección hacia el sur, encontrándose con la asociación tropical sureña en el área frente a Punta Baja.

11- La composición de especies, su afinidad a ambientes tropicales-subtropicales y su distribución general registrada en el Pacífico, sugiere que estas especies penetraron al Sistema de la Corriente de California desde el Pacífico Central.

## **10. Recomendaciones**

**1-** Realizar más estudios sobre la taxonomía, distribuciones verticales y el comportamiento de la migración de los Atlántidos, lo cual facilitará la investigación posterior para comprender sus requisitos ambientales, la importancia de los Atlántidos en la red alimentaria del océano y su importancia para las especies pescadas comercialmente.

**2-** Para determinar mejor si las variaciones morfológicas indican especies diferentes o variaciones dentro de una especie es necesario realizar más estudios con métodos moleculares y código de barras del ADN, lo que nos permitirá conocer más sobre la ecología en gran parte desconocida de los Atlántidos, incluidos los mecanismos de natación, el comportamiento depredador, la migración y la reproducción.

**3-** Realizar estudios sobre la variación en la morfología de la espira, el tamaño, la composición y el grosor de la concha de los Atlántidos, para comprender mejor la evolución de la flotabilidad, las respuestas a cambios globales y otras adaptaciones pelágicas, por ejemplo, si el tamaño de las conchas varía con la profundidad.

## 11. Literatura citada

Aceves-Medina, G., S. P. A. Jiménez-Rosenberg, R. J. Saldierna-Martínez, R. Durazo, A. Hinojosa-Medina, M. Hernández-Rivas, E. González-Rodríguez & G. Gaxiola-Castro. 2018. Distribution and abundance of the ichthyoplankton assemblages and its relationships with the geostrophic flow along the southern region of the California Current. *Latin American Journal of Aquatic Research* 46(1). Doi: 10.3856/vol46-issue1-fulltext-x.

Amaya, D. J., N. E. Bond, A. J. Miller & M. J. Deflorio. 2016. The evolution and known atmospheric forcing mechanisms behind the 2013-2015 North Pacific warm anomalies. *U.S. CLIVAR Variations*. 14(2): 1–6.

Angulo-Campillo, O. 2009. Taxocenosis de moluscos holoplanctónicos (Mollusca: Gastropoda) y su relación biogeográfica en el Golfo de California. Tesis de Doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. México. 258 pp.

Angulo-Campillo, O., G. & R. Avedaño-Ibarra. 2011. Holoplanktonic mollusks (Mollusca: Gastropoda) from the Gulf of California, México. *Check List*. 7: 337-342.

Arriaga-Cabrera, L., E. Vázquez-Domínguez, J. González-Cano, R. Jiménez-Rosenberg, E. Muñoz-López & V. Aguilar-Sierra. 1998. *Regiones prioritarias marinas de México*. CONABIO. México. 198 p.

Bé, H. A. & R. W. Gilmer, 1977. A zoogeographic and Taxonomic review of Euthecosomatous Pteropoda En: *Oceanographic Micropalontology*, Vol. I. Chapter 6. A.T.S. Ramsay (ed) London Academic Press Pp. 733-808.

Bond, N. A., M. F. Cronin, H. Freeland & N. Mantua. 2015. Causes and impacts of the 2014 warm anomaly in the NE Pacific. *Geophysical Research Letters*. 42: 3414-3420.

- Briggs, J. C. 1974. *Marine zoogeography*. McGraw Hill Book Co. EUA. 475 pp.
- Brinton, E. 1962. The distribution of Pacific euphausiids. *Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography*. 8(2): 21-270.
- Brusca, R.C. & G. J. Brusca. 2005. Invertebrados. *McGraw-Hill Interamericana*. España. 1005 pp.
- Castellanos, I. & E. Suárez-Morales. 2001. Heteropod molluscs (Carinariidae and Pterotracheidae) of the Gulf of Mexico and Western Caribbean Sea. *Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología*. 72 (2): 221-232.
- Castro, P. & M. E. Huber. 2007. *Biología Marina*. McGraw-Hill. España. 486 pp.
- Castro, R. & J. A. Martínez. 2010. Variabilidad espacial y temporal del campo del viento. 129-148 pp. En: Gaxiola-Castro, G. & Durazo, R. (Eds.). *Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California 1997-2007*. SEMARNAT, INE, CICESE y UABC. México D.F. 501 p.
- Cavole, L. M., A. M. Demko, R. E. Diner, A. Giddings, I. Koester, C. M. L. S. Pagniello, M. L. Paulsen, A. Ramirez-Valdez, S. M. Schwenck, N. K. Yen, M. E. Zill, & P. J. S. Franks. 2016. Biological impacts of the 2013–2015 warm-water anomaly in the Northeast Pacific: Winners, losers, and the future. *Oceanography* 29(2):273–285. <http://dx.doi.org/10.5670/oceanog.2016.32>.
- Chao, Y., J. D. Farrara, E. Bjorkstedt, F. Cahí, F. Chavez, D. L. Rudnick, W. Enriht, J. L. Fisher, W. T. Peterson, G. F. Welch, C. O. Davis, R. C. Dugdale, F. P. Wilkerson, H. Zhang, Y. Zhang & E. Vasilyevich. 2017. The origins of the anomalous warming in the California coastal ocean and San Francisco Bay during 2014-2016. *Journal of Geophysical Research: Oceans*. 122. Doi: 10.1002/2017JC013120.

Chávez, F. P. 1996. Forcing and biological impact of onset of the 1992 El Niño in central California. *Geophys. Res. Lett.*, 23: 265–268.

Chávez, F. P., J.T. Pennington, C. G. Castro, J. P. Ryan, R. P. Mishisaki, B. Schlining, P. Walz, K. R. Buck, A. McFaden & C. A. Collins. 2002. Biological and chemical consequences of the 1997–98 El Niño in central California waters. *Progress in Oceanography*. 54(1–4): 205–232.

Crisci, J. & M. López. 1988. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Sría. Gral. OEA, Washington, D.C. 128 pp.

Cruz, M. 1996. Pteropodos tecosomados y heteropodos (Gasterópodos) como bioindicadores del evento 'El Niño' 1992, en la estación fija 'La Libertad', Ecuador. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 8: 51–66.

Cruz, M. 1998. Gasterópodos planctónicos (pterópodos y heterópodos) como bioindicadores de los eventos 'El Niño' 1992 y 1997–1998 en la estación fija 'La Libertad', Ecuador. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 9:129–144.

Cruz, M. 2012. Preferencia y rangos de tolerancia a la temperatura y salinidad de los pterópodos y heterópodos frente a la Costa Ecuatoriana. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 17: 93–125.

Cummings, F.A. & R.R. Seapy. 2003. Seasonal abundances of euthecosomatous pteropods and heteropods from waters overlying San Pedro Basin, California. *Veliger*, 46: 305–313.

Del Moral-Flores, L.F. 2010. Diversidad y Patrones Biogeográficos de la Ictiofauna Asociada a los Complejos Insulares del Golfo de California. Tesis de Maestría en Ciencias Marinas con especialidad en Manejo de Recurso. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S., México. 109 p.

De Vera, A. & R.R. Seapy. 2006. *Atlanta selvagensis*, a new species of heteropod mollusc from the northeastern Atlantic Ocean (Gastropoda: Carinarioidea). *Vieraea*, 34: 45–54.

Di Lorenzo, E. & N. Mantua. 2016. Multi-year persistence of the 2014/15 North Pacific marine heatwave. *Nature Climate Change* 6: 1042–1047.

Durazo, R. & T. Baumgartner. 2002. Evolution of oceanographic conditions off Baja California: 1997–1999. *Progr. Ocean.*54:7–31.

Durazo, R. 2009. Climate and upper ocean variability off Baja California, Mexico: 1997–2008. *Progress in Oceanography*. 83(1): 361–368.

Durazo R., A.M. Ramírez-Manguillar, L.E. Miranda & L.A. Soto-Mardones. 2010. Climatología de variables hidrográficas. (25-57 pp.) En: Gaxiola-Castro Gilberto y Durazo Reginaldo (ed) *Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California 1997-2007*. 501.

Durazo, R. 2015. Seasonality of the transitional region of the California Current System off Baja California. *Geophys. Res. Ocean.* 120: 1173-1196.

Durazo, R., R. Castro, L. E. Miranda, F. Delgadillo-Hinojosa & A. Mejía-Trejo. 2017. Anomalous hydrographic conditions off the northwestern coast of the Baja California Peninsula during 2013–2016. *Ciencias Marinas*. 43(2):81-92.

Espinosa-Carreón, T. L., P. T. Strub, E. Beier, F. Ocampo-Torres & G. Gaxiola-Castro. 2004. Seasonal and interannual variability of satellite-derived chlorophyll pigment, surface height, and temperature off Baja California. *Journal of Geophysical Research*. 109: 1-20.

Fabry, V. J., B.A. Seibel, R.A. Feely & J. C. Orr. 2008. Impacts of ocean acidification on marine fauna and ecosystem processes. *ICES Journal of Marine Science*. 65: 414–432.

Funes-Rodríguez, R., J. F. Elorduy-Garay, A. Hinojosa-Medina & A. Zárate-Villafranco. 2009. Interannual distribution of Pacific hake *Merluccius productus* larvae in the southern part of the California Current. *Journal of Fish Biology*, 75(3), 630-646.

Gaxiola-Castro, G., J. Cepeda-Morales, S. Nájera-Martínez, T. L. Espinosa-Carreón, M. E. De la Cruz-Orozco, R. Sosa-Avalos, E. Aguirre-Hernández & J. P. Cantú-Ontiveros. 2010. 59-86 pp. En: Gaxiola-Castro, G. y R. Durazo (Eds.). *Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California 1997-2007*. SEMARNAT, INE, CICESE y UABC. México D.F. 501 p.

Gentemann C. L., M. R. Fewings & M. García-Reyes. 2017. Satellite sea surface temperatures along the West Coast of the United States during the 2014 -2016 northeast Pacific marine heat wave. *Geophysical Research Letters*. 44: 312–319.

Gofas, S. 2015b. Atlantidae Rang, 1829. In: Mollusca Base (2015). Accessed through: World Register of Marine Species at <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=22990> on 9 October 2015.

Gómez-Ocampo, E., G. Gaxiola-Castro, R. Durazo & E. Beier. 2017 a. Effects of the 2013-2016 warm anomalies on the California Current phytoplankton. *Deep Sea Research II*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dsr2.2017.01.005>.

Gómez-Ocampo, E., R. Durazo, G. Gaxiola-castro, M. De la Cruz-Orozco & R. Sosa-Ávalos. 2017 b. Effects of the interannual variability of water column stratification on phytoplankton production and biomass at the north zone off Baja California. *Ciencias Marinas*. 43(2): 109-122.

González-Rodríguez, E., 2008. "Variabilidad de la productividad primaria en el golfo de ulloa, costa occidental de baja california". Tesis de doctorado. CICIMAR-IPN. La Paz B.C.S., México. 143 pp.

Halliwel, G., R. G. Williams, K. Viera & C. N. K. Mooers. 1983. *Ocean currents*. In: Godshall, F.A., Williams, R.G., (Eds.), *A Climatology and Oceanographic Analysis of the California Pacific outer Continental shelf region*. NOAA and US Department of the Interior AA551-IA9-2, 1182 pp.

Hayward, T.L., A. W. Mantyla, R. L. Lynn, P.E. Smith, & T.K. Chereskin. 1994. The state of the California Current in 1993–1994. *CalCOFI Rep.*, 35: 19–35.

Hernández-Rivas, M. E., S. P. A. Jiménez-Rosenberg, R. Funes-Rodríguez & R. J. Saldierna-Martínez. 2000. El centro de actividad biológica de la Bahía de Sebastián Vizcaíno, una primera aproximación. 65-86 pp. En: Lluch-Belda, D., J. Elorduy-Garay, S.E. Lluch-Cota & G. Ponce-Díaz. (Eds.). *BAC: Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano*. CIBNOR, IPN-CICIMAR, CONACyT. 367 p.

Hernández-Trujillo S., A. Esquivel-Herrera & R. Saldierna-Martínez. 1987. Biomasa zooplanctónica en la costa oeste de Baja California Sur (1982-1985). Mem. Simp. Invest. *Biol. Ocean. Pesq.* México. EM Ramírez-Rodríguez (ed.) La Paz, BCS, México: Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional.

Hewitt, R. 1981. Eddies and speciation in the California Current. *CalCOFI Rep*, 22, 96-98.

Hickey, B. M. 1979. The California Current system—hypotheses and facts. *Progress in Oceanography*, 8(4), 191-279.

Howard, W.R., D. Roberts, A.D. Moy, M.C.M. Lindsay, R.R. Hopcroft, T.W. Trull & S.G. Bray. 2011. Distribution, abundance and seasonal flux of pteropods in the Sub-Antarctic Zone. *Deep-Sea Research II*. 58: 2293–2300.

Hubbs, C. L. 1960. The marine vertebrates of the outer coast. *Systematic Zoology*, 9(3/4), 134-147.

Huyer, A. & Smith, R. L. 1985. The signature of El Niño off Oregon, 1982–1983. *J. Geophys. Res.*, 90: 7133–7142.

Jacox, M. G., E. L. Hazen, K. D. Zaba, D. L. Rudnick, C. A. Edwards, A. M. Moore & S. J. Bograd. 2016. Impacts of the 2015–2016 El Niño on the California Current System: Early assessment and comparison to past events. *Geophysical Research Letters*. 43: 7072–7080.

Jerónimo, G. & J. Gómez-Valdés. 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.

Lalli, M.C. & R.W. Gilmer. 1989. Pelagic Snails. *The Biology of Holoplanktonic Gastropod Molluscs*. Stanford University Press. EUA. 259 pp.

La Rosa-Izquierdo, I. Y. 2018. Estructura de la comunidad de copépodos pelágicos en la costa oeste de la península de baja california, antes y durante el niño 2015. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, 134 pp.

Lavaniegos B., E. Brinton & J. Lara. 1990. Zooplankton of the Gulf of California alter the 1982-1983 El Niño Event: Biomass distribution and abundante. *Pacific Science* 44:297-310.

Lavaniegos-Espejo B., J. Gómez-Gutiérrez, J. R. Lara-Lara & S. Hernández-Vázquez. 1998. Long-term changes in zooplankton volumes in the California Current System - the Baja California region. *Marine Ecology Progress Series* 169: 55-64.

Lavaniegos-Espejo B., L. C. Jiménez-Pérez & G. Gaxiola-Castro. 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. 2009. Influence of a multiyear event of low salinity on the zooplankton from Mexican eco-regions of the California Current. *Progress in Oceanography*, 83(1-4), 369-375.

Lavaniegos B., J. Cadena-Ramírez, O. Molina-González & P. García-García. 2010. Biomasa y estructura del zooplancton frente a la Costa Occidental de Baja California durante 2008 (Cruceros IMECOCAL 0801, 0804, 0807, 0810). Informe Técnico. Departamento de Oceanografía Biológica. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.

Lavaniegos, B. E., O. Molina-González & M. Murcia-Riaño. 2015. Zooplankton functional groups from the California Current and climate variability during 1997-2013. *CICIMAR Océánides*. 30(1): 45-62.

Lavín M., E. Beier, J. Gómez-Valdés, V. Godínez & J. García. 2006. On the summer poleward coastal current off SW México. *Geophysical Research Letters*. Vol, 33. 4pp.

Leising, A. W., I.D. Schroeder, S. J. Bograd, W. T. Peterson, R. D. Brodeur, J. A. Santora, W. J. Sydeman, J. Abell, C. Barceló, S. R. Melin, R. Durazo, G. Gaxiola-Castro, T. D. Auth, E. A. Daly, F. P. Chavez, E. P. Bjaorkstedt, J. Field, K. Sakuma, R. M. Suryan, A. J. Gladics, J. M. Porquez, J. Fisher, C. Morgan, R. R. Robertson, S. McClatchie, E. D. Weber, W. Watson, R. Bradley, P. Warybock & R. Goericke. 2015. State of the California Current 2014-15: Impacts of the warm water “blob”. *CalCOFI Reports*. 56:31-69.

Lemus-Santana, E., L. San Vicente-Añorve, M. Hermoso-Salazar & C. Flores-Coto. 2014. The holoplanktonic Mollusca from the southern Gulf of Mexico. Part 1: Heteropods. *Cahiers de Biologie Marine*, 55: 229–239.

Levine, A. F. Z. & M. J. McPhaden. 2016. How the July 2014 easterly wind burst gave the 2015-6 El Niño a Head Start. *Geophysical Research Letters*. 43, doi: 10.1002/2016GL069204.

Lewis, J.B. 1962. Biology of Flyingfish. *Bulletin of Marine Sciences of the Gulf and Caribbean*. 12(1):86-93.

Lluch-Belda, D. 2000. Centros de Actividad Biológica en la costa occidental de Baja California. 29-48 pp. En: Lluch-Belda, D., J. Elorduy-Garay, S. E. Lluch-Cota & G. Ponce-Díaz. (Eds.). BAC: *Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano*. CIBNOR, IPN-CICIMAR, CONACyT. 367 p.

Lilly, L., D. Wright, & J. Thomas. 2016. Tracking 2014–15 sea surface temperature anomalies using Coastal Data Information Program (CDIP) near shore buoys. 2nd Pacific Anomalies Workshop. University of Washington January 20-21, 2016.

Loeb, V. J., P. E. Smith & H. G. Moser. 1983. Recurrent groups of larval fish species in the California Current area. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep*, 24, 152-164.

López-Ibarra G. & R. Palomares-García. 2006. Estructura de la comunidad de copépodos en Bahía Magdalena, México, durante el niño 1997-1998. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 41(1):63-76.

Lynn, R. & J.J. Simpson. 1987. The California current system: The seasonal variability of its physical characteristics. *J. Geophys. Res.* 92(12):12947-12866.

Mackas, D. L. & M. D. Galbraith. 2002. Zooplankton Distribution and Dynamics in a North Pacific Eddy of Coastal Origin: I. Transport and Loss of Continental Margin Species. *Journal of Oceanography*. 58: 725-738.

Mathew, K.J., T.S. Naomi, G. Antony & K. Solomon. 1990. Distribution and abundance of pteropod and heteropod molluscs in the EEZ and adjoining waters of India. In: *Proceedings of the First Workshop on Scientific Results of FORV Sagar Sampada* (V.K. Pillai, S.A.H. Abidi, V. Ravindran, K.K. Balachandran & V.V. Agadi, eds), pp. 155–163. Department of Ocean Development, New Delhi, India.

McClatchie, S., R. Goericke, A. Leising, T. D. Auth, E. Bjorkstedt, R. R. Robertson, R. D. Brodeur, X. Du, E. A. Daly, C. A. Morgan, F. P. Chávez, A. J. Debich, J. Hildebrand, J. Field, K. Sakuma, M. G. Jacox, M. Kahru, R. Kudela, C. Anderson, B. E. Lavaniegos, J. Gómez-Valdés, S. P. A. Jiménez-Rosenberg, R. McCabe, S. R. Melin, M. D. Ohman, L. M. Sala, B. Peterson, J. Fisher, I. D. Schoreder, S. J. Bograd, E. T. Hazen, S. R. Schneider, R. T. Golightly, R. M. Suryan, A. J. Gladics, S. Loredó, J. M. Porquez, A. R. Thompson, E. D. Weber, W. Watson, V. Trainer, P. Warzybok, R. Bradley & J. Jahncke. 2016. State of the California Current 2015-16: comparisons with the 1997-98 El Niño. *CalCOFI Reports*. 57: 5-61.

McCune, B. & M. J. Mefford. 2011. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 6.0. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.

McGowan, J. A. 1960. The relationship of the distribution of the planktonic worm *Poebius meseres* Heat, to the water masses of the North Pacific. *Deep Sea Res.*, 6: 125-139.

McGowan, J.A. & V.J. Fraundorf. 1966. The relationship between size of net used and estimates of zooplankton diversity. *Limnology and Oceanography*, 11: 456–469.

McGowan, J. A. 1967. Distributional atlas of pelagic mollusks in the California Current region. *CalCofi Atlas* No. 6, State of California Marine Research Committee. 218 pp.

McGowan, J. A. & P. W. Walker. 1979. Structure in the copepod community of the North Pacific Central Gyre. *Ecol. Mon.*, 49: 195-226.

McGowan, J. A. 1985. El Niño 1983 in the Southern California Bight. En: *Wooster, W. S. & D. L. Fluharty* (Eds). *El Niño North. El Niño effects in the eastern subarctic Pacific Ocean*, pp. 66-184. Washington Sea Grant Program, University of Washington.

Meza Zamora, S.A. 2016. Estudio de la Distribución y abundancia del zooplancton pelágico en la costa Occidental de Baja California Sur. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana. pp. 29.

Moreno-Alcántara, M. 2012. Distribución y abundancia de moluscos holoplanctónicos (Gastropoda: Pterotracheoidea, Thecosomata Y Gymnosomata) del Golfo de Tehuantepec. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur, 116 p.

Moreno-Alcántara M., G. Aceves-Medina, O. Angulo-Campillo & J.P. Murad-Serrano. 2014. Holoplanktonic molluscs (Gastropoda: Pterotracheoidea,

Thecosomata and Gymnosomata) from the southern Mexican Pacific. *J Molluscan Stud.* 80(2):131–138.

Moreno-Alcántara, M. 2015. Revisión taxonómica de las especies de la Familia Atlantidae (Gastropoda: Pterotracheoidea) en el Pacífico Mexicano utilizando análisis morfológicos y genéticos. Tesis presentada en opción al grado científico de Máster en Ciencias en Manejo de Recursos Marinos. pp. 93.

Muriel-Hoyos, F. 2016. Efecto de los frentes oceánicos en la distribución de larvas de peces de profundidad del noroeste de México (Verano, 2014). Tesis de maestría. IPN-CICIMAR. La Paz B.C.S., México. 78 p.

Ossenbruger, H. 2010. Distribution patterns of pelagic gastropods at the Cape Verde Islands. Semester thesis, Helmholtz Centre for Ocean Research, Kiel.

Nomura, T. & N.D. Davis. 2005. Lipid and moisture content of salmon prey organisms and stomach contents of chum, pink and sockeye salmon in the Bering Sea. *NPAFC Technical Report*, 6: 59–61.

Pares-Sierra, A., M. López & E. G. Pavía. 1997. Contribuciones a la oceanografía física en México. Monografía No. 3 UGM, 1-24. En: Lavín, M. F. (Ed). *Contribuciones a la oceanografía física en México*. Unión Geofísica Mexicana. Monografía no. 3. 1-24 pp.

Peiro-Alcantar, M. T., R. Funes-Rodríguez, R. González-Armas, R. Durazo & P. Del Monte Luna. 2016. Spatiotemporal variability of demersal fish larvae assemblages in the southern region of the California Current. *Marine Biology Research*, 12(5), 524-540.

Peterson, W., M. Robert & N. Bond. 2015. The warm blob-conditions in the northeastern Pacific Ocean. *PICES Press*. 23(1): 36-38.

Ralph, P.M. 1957. A guide to the New Zealand heteropod molluscs. *Tuatara*, 6: 116–120.

Richter, G. 1968. Heteropoden und Heteropoden larven im Oberflachen plankton des Golfs von Neapel. *Pubblicazioni de lla Stazione Zoologica di Napoli*,36: 346–400.

Richter, G. 1982. Mageninhaltsuntersuchungen an *Oxygyrus keraudreni* (Lesueur) (Atlantidae, Heteropoda). Beispiel einer Nahrungskette im tropischen Pelagial. *Senckenbergiana maritima*, 14: 47–77.

Richter, G. 1993. Zur Kenntnis der Gattung Atlanta, 5. Die Atlanta peroni-Gruppe und *Atlanta gaudichaudi* (Prosobranchia: Heteropoda). *Archiv fur Molluskenkunde*,122: 189–205.

Richter, G. & R.R. Seapy. 1999. Heteropoda. 621-647. En: Boltovskoy, D. (Ed.). *South Atlantic Zooplankton Vol. 1*. Backhuys Publishers. Países Bajos. 868 pp.

Robinson, C. J. 2016. Evolution of the 2014–2015 sea surface temperature warming in the central west coast of Baja California, Mexico, recorded by remote sensing. *Geophysical Research Letters*, 43(13), 7066-7071.

Russell, H. D. 1960. Heteropods and pteropods as food of fish genera, *Thunnus* and *Alepisaurus*. *Nautilus* 74:45-56.

Sánchez-Nava, S. 1984. Sistemática, distribución y abundancia de los moluscos pelágicos (Gastropoda: Heretopoda y Pteropoda) en el Domo de Costa Rica. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 180 pp.

Schiermeier, Q. 2015. Hunting the Godzila El Niño. *Nature*. 526: 490-491.

Seapy, R. R. 1990. The Pelagic Family Atlantidae (Gastropoda: Heteropoda) from Hawaiian waters: A Faunistic Survey. *Malacologia*. 32(1): 107-130.

Seapy, R.R. 1990a. The pelagic family Atlantidae (Gastropoda: Heteropoda) from Hawaiian waters: a faunistic survey. *Malacologia*, 32: 107–130.

Seapy, R.R. 1990b. Patterns of vertical distribution in epipelagic heteropod molluscs off Hawaii. *Marine Ecology Progress Series*, 60: 235–246.

Seapy, R.R. & G. Richter. 1993. *Atlanta californiensis*, a new species of atlantid heteropod (Mollusca: Gastropoda) from the California Current. *Veliger*, 36: 389–398.

Seapy, R.R. 2008. Offshore-inshore and vertical distribution patterns of heteropod mollusks off leeward Oahu, Hawaii. *Marine Biology*, 154: 985–995.

Seapy, R.R. 2011. Atlantidae. In: Tree of life web project. Available at <http://tolweb.org/Atlantidae> accessed 7 April 2015.

Seapy, R. R. 2011a. *Atlanta lesueurii* Gray 1850. *Atlanta lesueurii* Souleyet 1852. Version 23 July 2011. [http://tolweb.org/Atlanta\\_lesueurii/28765/2011.07.23](http://tolweb.org/Atlanta_lesueurii/28765/2011.07.23) En The Tree of Life Web Project. <http://tolweb.org/>.

Seapy, R. R. 2011b. *Atlanta peronii* Lesueur 1817. Version 23 July 2011. [http://tolweb.org/Atlanta\\_peronii/28769/2011.07.23](http://tolweb.org/Atlanta_peronii/28769/2011.07.23) En: The tree of Life Web Project. <http://tolweb.org/>.

Smith, P.E. & S. Richardson. 1979. Técnicas modelo para prospección de huevos y larvas de peces pelágicos. FAO Documento Técnico de Pesca, 175:1–107.

Smith, P. E. 1985. A case history of an anti-El Niño to El Niño transition on plankton and nekton distribution and abundances. *El Niño north: Niño effects in the eastern subarctic Pacific Ocean*, 121-142.

Spoel, S. van der. 1996. *Heteropoda*. 407-457. En: Gasca, R y E. Suárez (Eds.). *Introducción al estudio del zooplancton marino*. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)/ CONACYT. México. 711 pp.

Spoel, S. van der, L. Newman y K.W. Estep. 1997. Pelagic molluscs of the World. *World Biodiversity Data Base*, CD-ROM Series. Expert Center for Taxonomist Identification (ETI), Amsterdam and Paris: UNESCO.

Spoel, S. van der y J.R. Dadón. 1999. Pteropoda. 649-706. En: Boltovskoy, D. (Ed.). *South Atlantic Zooplankton Vol.1*. Backhuys Publishers. Países Bajos. 868 pp.

Soto-Mardones, L., A. Parés-Sierra, J. García-Cordoba, R. Durazo & S. Hormazabal. 2004, Analysis of the mesoscale structure in the IMECOCAL region (off Baja California) from hydrographic, ADCP and altimetry data. *Deep Sea Research*. Part II, 51, 785-798.

Suárez-Morales E., & A. Rivera. 1998. Zooplancton e hidrodinámica en zonas litorales y arrecifales de Quintana Roo, México. *Hidrobiológica* 8 (1): 19-32.

Sverdrup, H. V., M.W. Johnson & R.H. Fleming. 1942. The oceans; their physics, chemistry and general biology. Prentice Hall. *Englewood Cliffs*, N.J., 1087 pp.

Thiriou-Quiévreux, C. 1968. Variations saisonnières des mollusques dans le plancton de la région de Banyuls-sur-Mer (zone sud de Golfe du Lion) Novembre 1965– Décembre 1967. *Vie et Milieu*, 19: 35–83.

Thiriot-Quiévreux, C. 1973. Heteropoda. *Oceanography and Marine Biology, an Annual Review*, 11: 237–261.

Tsurumi, M. D. Mackas, F. Whitney, C. Dibacco, M. Galbraith & C. Wong. 2005. Pteropods, eddies, carbon flux, and climate variability in the Alaska Gyre. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 52 (7-8): 1037- 1053.

Urías-Leyva, H. 2011. Respuesta de la comunidad de larvas de peces en la región sur de la Corriente de California ante la intrusión anómala de agua subártica y el evento El Niño 2002-2004. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN. La Paz B.C.S., México. 117 p.

Vane, F.R. & J.M. Colebrook. 1962. Continuous plankton records: contribution towards a plankton atlas of the north-eastern Atlantic and the North Sea. Part VI: the seasonal and annual distributions of the Gastropoda. *Bulletins of Marine Ecology*, 5: 247–253.

Van der Spoel, S. 1976. Pseudothecosomata, Gymnosomata and Heteropoda (Gastropoda). Bohn, Scheltema & Holkema, Utrecht.

Varotsos, C. A., C. G. Tzanis & N. V. Sarlis. 2016. On the progress of the 2015-2016 El Niño event. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 16: 2007-2011.

Wall-Palmer, D., C.W. Smart & M.B. Hart, M.B. 2013. In-life pteropod dissolution as an indicator of past ocean carbonate saturation. *Quaternary Science Reviews*, 81: 29–34.

Wall-Palmer, D., C.W. Smart, M.B. Hart, M.L. Leng, M. Borghini, E. Manini, S. Aliani & A. Conversi. 2014. Late Pleistocene pteropods, heteropods and planktonic foraminifera from the Caribbean Sea, Mediterranean Sea and Indian Ocean. *Micropaleontology*, 60: 557–578.

Wall-Palmer, D., A.K. Burridge & K.T.C.A. Peijnenburg. 2016a. *Atlanta ariejansseni*, a new species of shelled heteropod from the Southern Subtropical Convergence Zone (Gastropoda, Pterotracheoidea). *ZooKeys*. 604, 1330.<http://dx.doi.org/10.3897/zookeys.604.8976>.

Wall-Palmer, D., A.K. Burridge, K.T.C.A. Peijnenburg, A.W. Janssen, R. Kirby, M.B. Hart & C.W. Smart. 2016b. Evidence for the validity of *Protatlanta sculpta* (Gastropoda: Pterotracheoidea). *Contrib. Zool.* 85, 423–435.

Wall-Palmer, D., C.W. Smart, R. Kirby, M.B. Hart, K.T.C.A. Peijnenburg & A.W. Janssen. 2016c. A review of the ecology, palaeontology and distribution of atlantid heteropods (Caenogastropoda: Pterotracheoidea: Atlantidae). *J. Molluscan Stud.* 82, 221–234.<http://dx.doi.org/10.1093/mollus/eyv063>.

Wall-Palmer, D., A.K. Burridge, E. Goetze, F.R. Stokvis, A.W. Janssen, L. Mekkes, M. Moreno–Alcántara, N. Bednaršek, T. Schiøtte, M.V. Sørensen, C.W. Smart & K.T.C.A. Peijnenburg. (2018) Biogeography and genetic diversity of the atlantid heteropods. *Progress in Oceanography*. 160, 1–25. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2017.11.004>.

Wang, M., A. D. Mackenzie & A. G. Jeffs. 2014. Lipid and fatty acid composition of likely zooplankton prey of spiny lobster (*Jasus edwardsii*) phyllosomas. *Aquaculture Nutrition*. doi:10.1111/anu.12164.

Wells, B. K., I. D. Schoreder, S. J. Bograd, E. L. Hazen, M. G. Jacox, A. Leising, N. Mantua, J. A. Santora, J. Fisher, W. T. Peterson, E. Bjorkstedt, R. R. Roberson, F. P. Chavez, R. Goericke, R. Kudela, C. Anderson, B. E. Lavaniegos, J. Gomez-Valdes, R. D. Brodeur, E. A. Daly, C. A. Morgan, T. D. Auth, J. C. Field, K. Sakuma, S. McClatchie, A. R. Thompson, E. D. Weber, W. Watson, R. M. Suryan, J. Parrish, J. Dolliver, S. Loreda, J. M. Porquez, J. E. Zamon, S. R. Schneider, R. T. Golightly, P. Warzybok, R. Bradley, J. Jahncke, W. Sydeman, S. R. Melin, J. A.

Hildebrand, A. J. Debich & B. Thayre. 2017. State of the California Current 2016-2017: still anything but “normal” in the north. *CalCOFI Reports*. 58: 1-55.

Whitney, F. A. 2015. Anomalous Winter winds decrease 2014 transition zone productivity in the NE Pacific. *Geophysical Research Letters*. 42: 428-431.

Wormelle, R.L. 1962. A survey of standing crop of plankton of the Florida current. VI A study of distribution of the pteropods of the Florida Current. *Bulletin of Marine Sciences of the Gulf and Caribbean*. 12(1):95-136.

Wyrski, K. 1967. Circulation and water masses in the Eastern Equatorial Pacific Ocean. *Int. Jour. Ocean. Limnol.* 1(2):117-147.

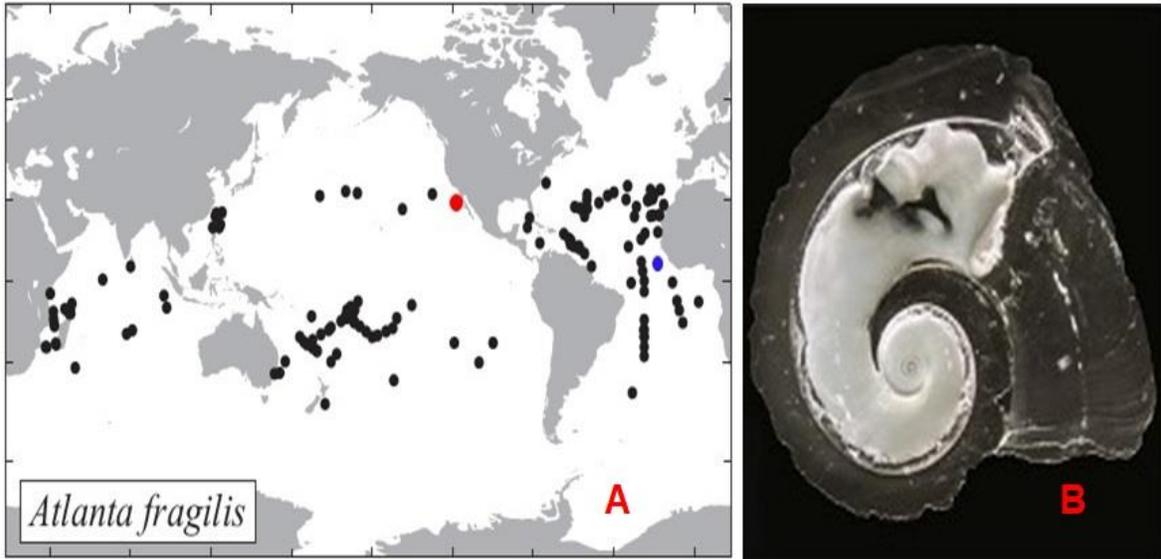
Xu, Z.-L. & Li, C. 2005. Horizontal distribution and dominant species of heteropods in the East China Sea. *Journal of Plankton Research*. 27: 373–382.

Xu, Z.-L. 2007. Areal and seasonal distribution of heteropods in the East China Sea. *Plankton Benthos Research*. 2: 147–154.

Zhao-Li & L. Chunju. 2005. Horizontal distribution and dominant species of heteropods in the East China Sea. *Journal of Plankton Research*. 27(4):373-382.

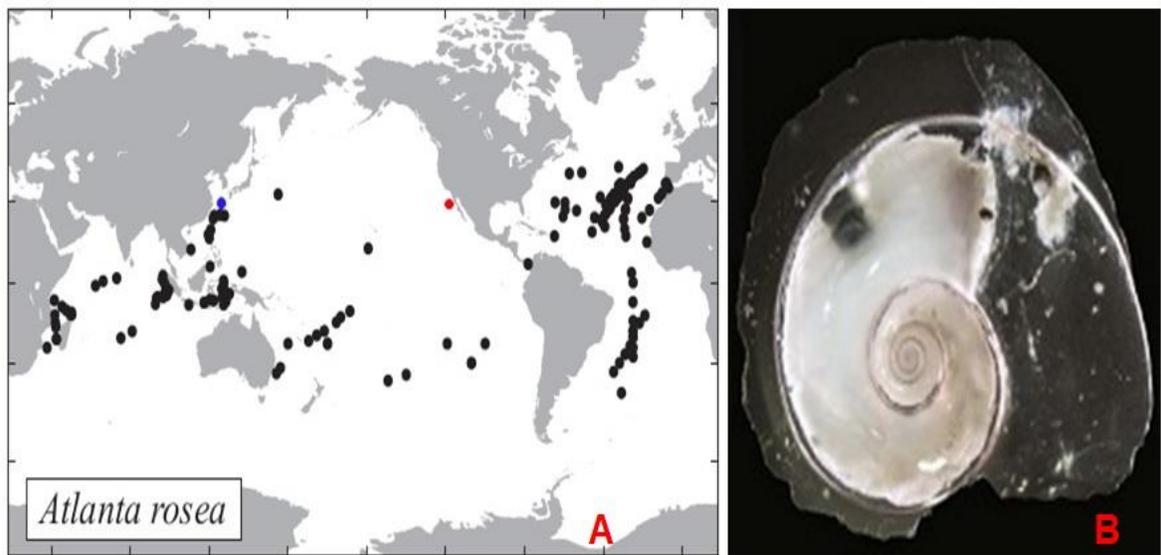
## **12. Anexos**

**Anexo 1.** Distribución de *A. fragilis* (A) a nivel mundial y *A. fragilis* (B). El punto azul representa donde se había registrado por primera vez, el punto rojo representa donde se encontró en este estudio y los puntos negros los registros en los océanos Atlántico, Pacífico e Índico.

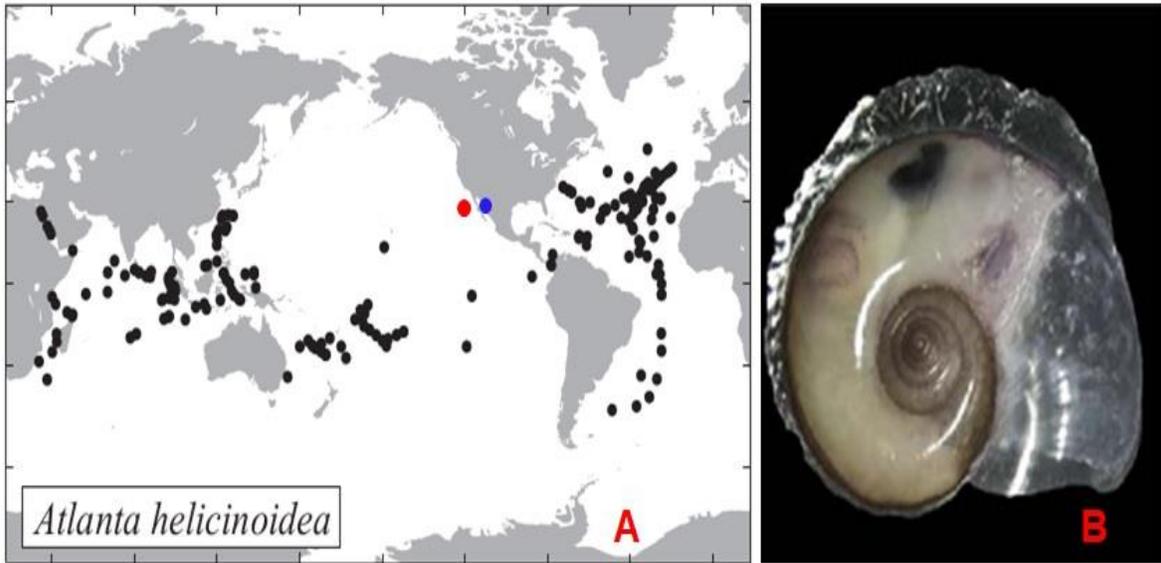


13.

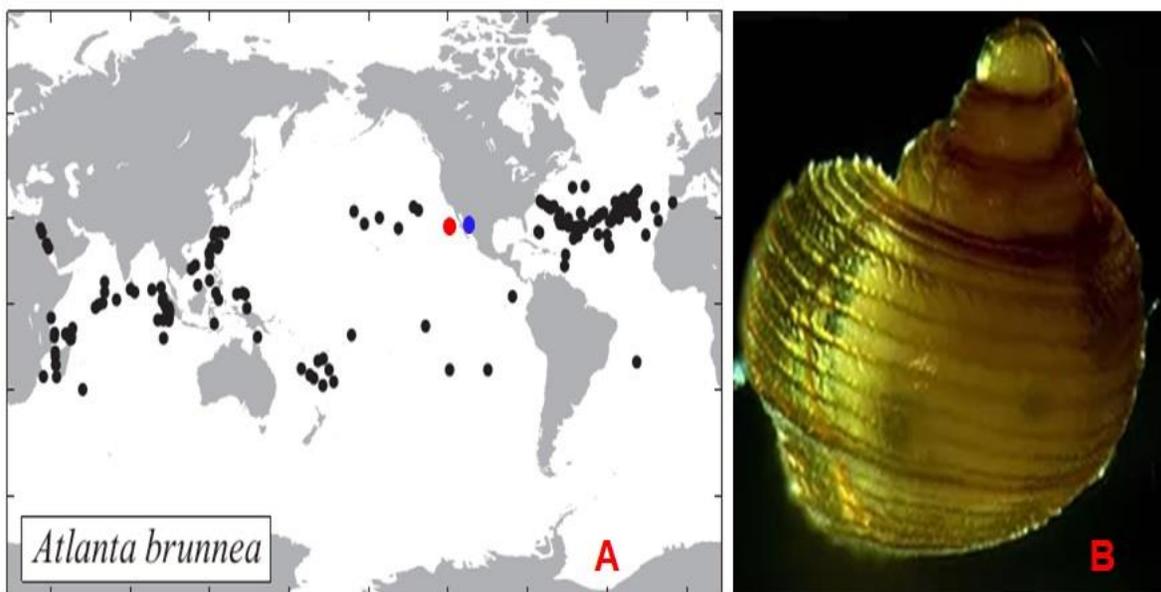
**Anexo 2.** Distribución de *A. rosea* (A) a nivel mundial y *A. rosea* (B). El punto azul representa donde se había registrado por primera vez, el punto rojo representa donde se encontró en este estudio y los puntos negros los registros en los océanos Atlántico, Pacífico e Índico.



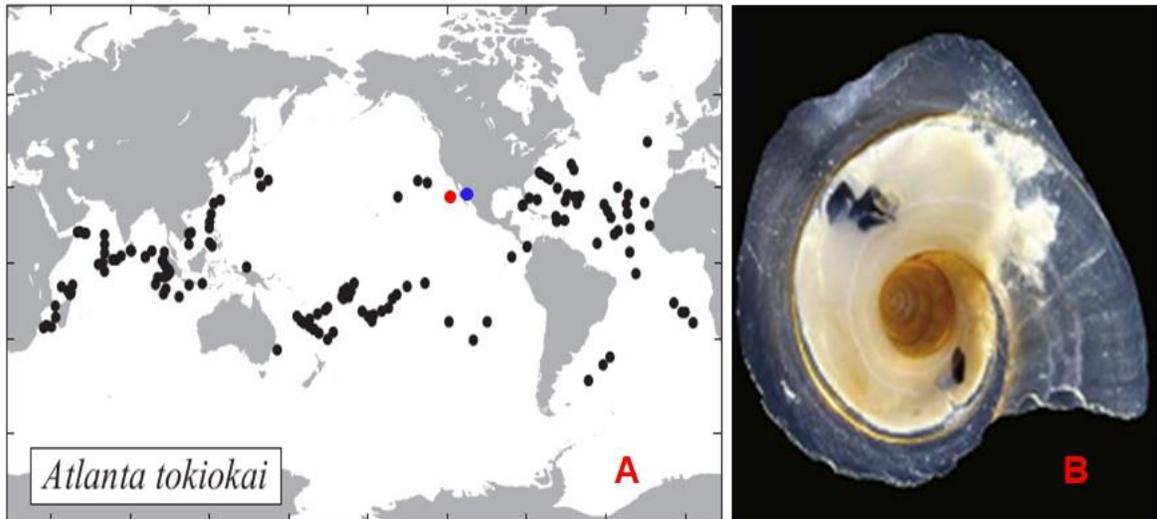
**Anexo 3.** Distribución de *A. helicinoidea* (A) a nivel mundial y *A. helicinoidea* (B). El punto azul representa el registro en el Golfo de California y el punto rojo representa donde se encontró en este estudio y los puntos negros los registros en los océanos Atlántico, Pacífico e Índico.



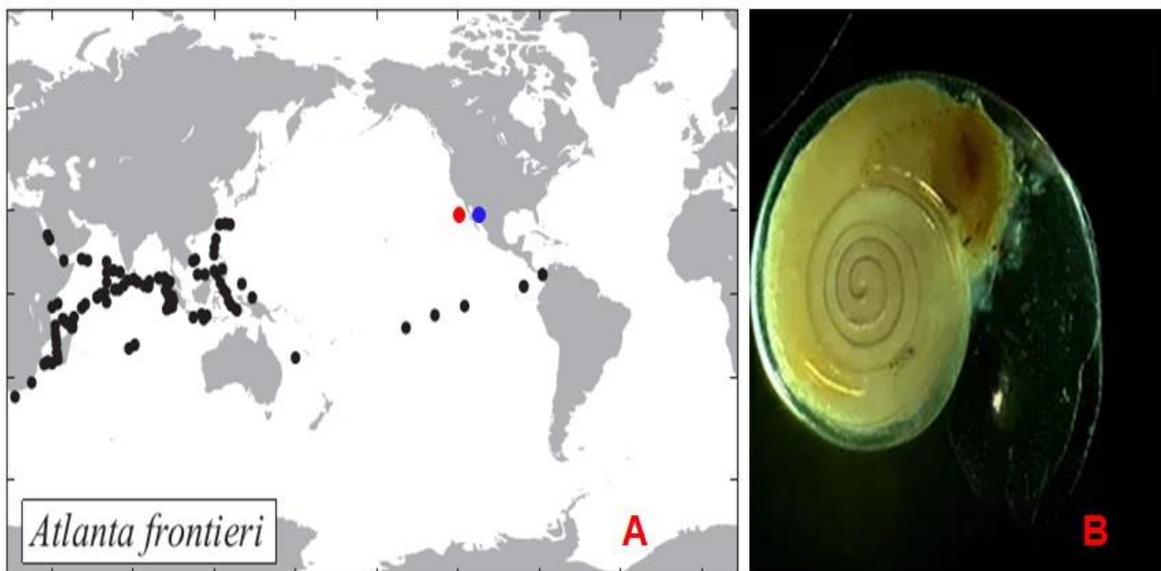
**Anexo 4.** Distribución de *A. brunnea* (A) a nivel mundial y *A. brunnea* (B). El punto azul representa el registro en el Golfo de California y el punto rojo representa donde se encontró en este estudio y los puntos negros los registros en los océanos Atlántico, Pacífico e Índico.



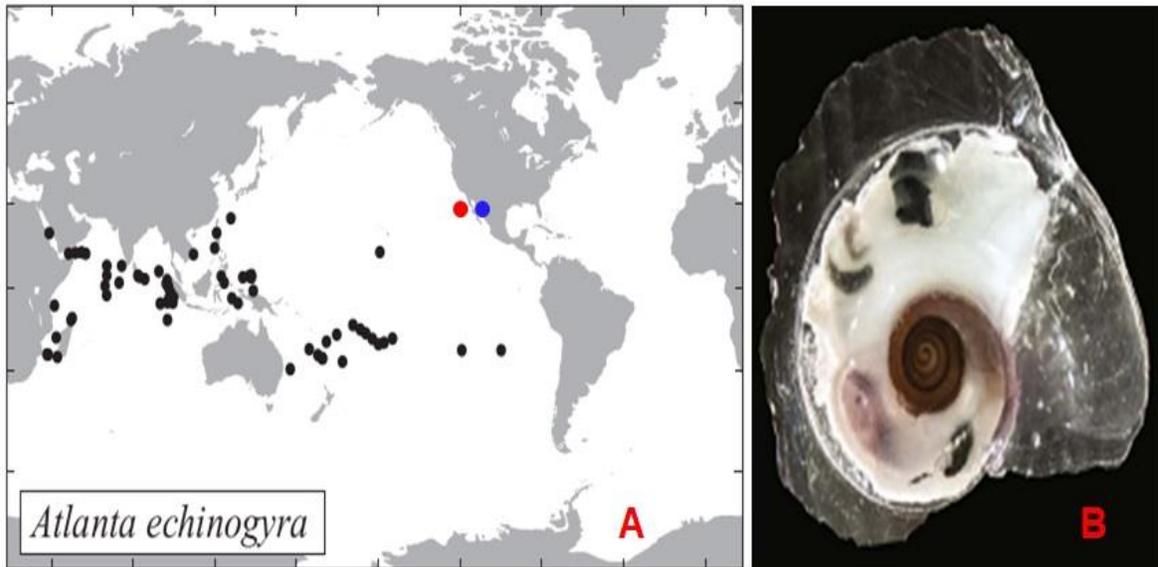
**Anexo 5.** Distribución de *A. tokiokai* (A) a nivel mundial y *A. tokiokai* (B). El punto azul representa el registro en el Golfo de California y el punto rojo representa donde se encontró en este estudio y los puntos negros los registros en los océanos Atlántico, Pacífico e Índico.



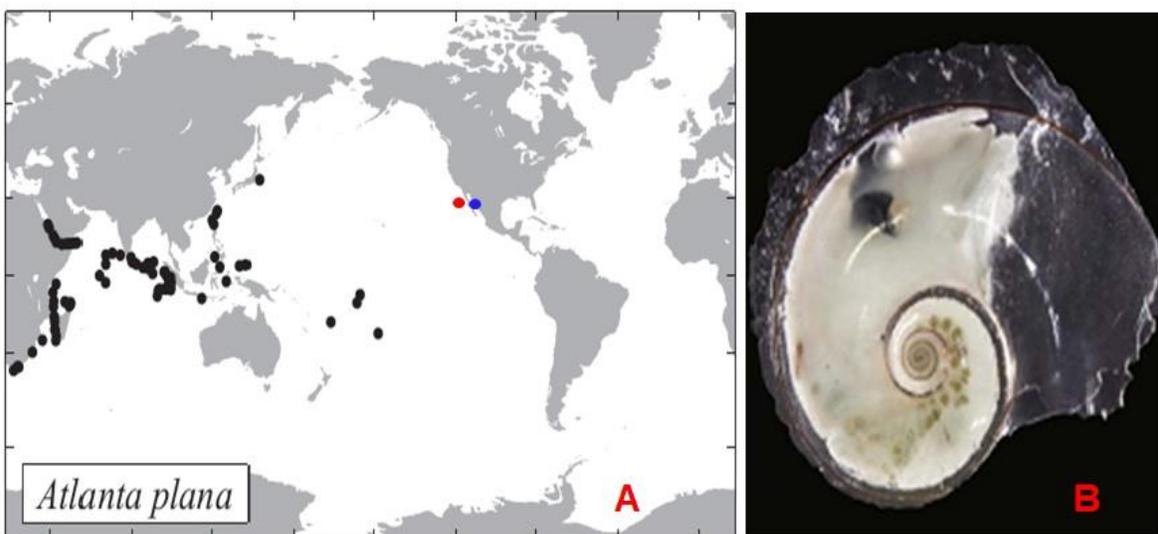
**Anexo 6.** Distribución de *A. frontieri* (A) a nivel mundial y *A. frontieri* (B). El punto azul representa el registro en el Golfo de California y el punto rojo representa donde se encontró en este estudio y los puntos negros los registros en los océanos Atlántico, Pacífico e Índico.



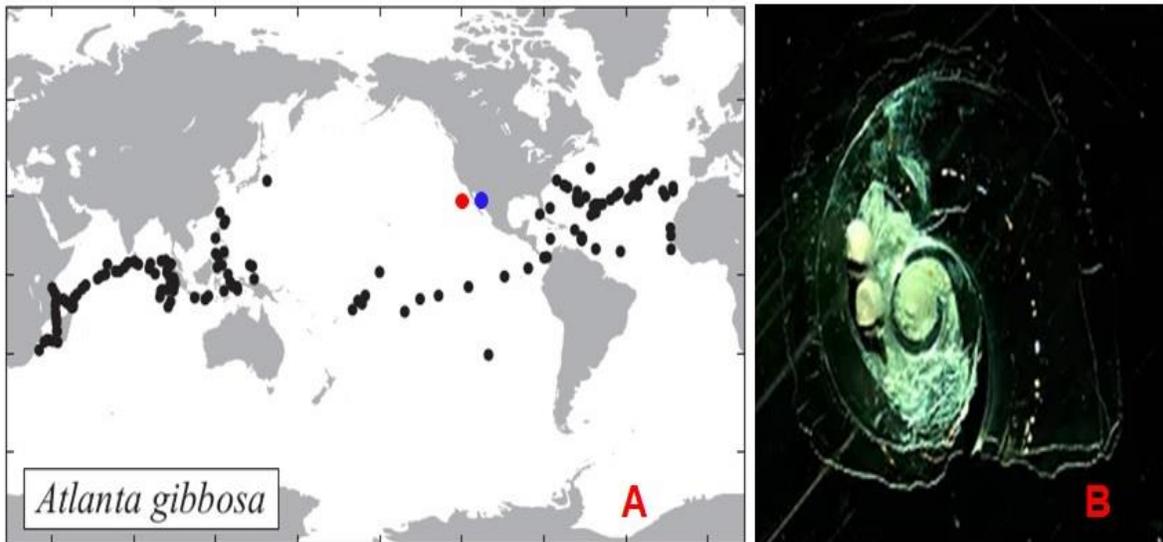
**Anexo 7.** Distribución de *A. echinogyra* (A) a nivel mundial y *A. echinogyra* (B). El punto azul representa el registro en el Golfo de California y el punto rojo representa donde se encontró en este estudio y los puntos negros los registros en los océanos Atlántico, Pacífico e Índico.



**Anexo 8.** Distribución de *A. plana* (A) a nivel mundial y *A. plana* (B). El punto azul representa el registro en el Golfo de California y el punto rojo representa donde se encontró en este estudio y los puntos negros los registros en los océanos Atlántico, Pacífico e Índico.



**Anexo 9.** Distribución de *A. gibbosa* (A) a nivel mundial y *A. gibbosa* (B). El punto azul representa el registro en el Golfo de California y el punto rojo representa donde se encontró en este estudio y los puntos negros los registros en los océanos Atlántico, Pacífico e Índico.



**Anexo 10.** Distribución de *O. inflatus* (A) a nivel mundial y *O. inflatus* (B). El punto azul representa el registro en el Golfo de California y el punto rojo representa donde se encontró en este estudio y los puntos negros los registros en los océanos Atlántico, Pacífico e Índico.

