

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT**  
**POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS**



**ESTRUCTURA COMUNITARIA DE LARVAS DE PECES EN DIFERENTES  
AMBIENTES MARINOS EN LA COSTA DE NAYARIT**

**JAVIER PANIAGUA HERRERA**

**Tesis presentada como requisito parcial para la obtención del grado de:  
Maestría en Ciencias en el Área de Ciencias Pesqueras**

Xalisco, Nayarit. (Octubre 2019)

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT  
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS



**ESTRUCTURA COMUNITARIA DE LARVAS DE PECES  
EN DIFERENTES AMBIENTES MARINOS EN LA COSTA DE NAYARIT**

**JAVIER PANIAGUA HERRERA**

Tesis presentada como requisito parcial para la obtención del grado de:  
Maestría en Ciencias en el Área de Ciencias Pesqueras

Xalisco, Nayarit. Octubre, 2019

*“Todos tenemos sueños en la vida. Pero para convertir  
los sueños en realidad, se necesita una  
gran cantidad de determinación,  
dedicación, autodisciplina  
y esfuerzo”*

Jesse Owens



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT**  
**POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS**

CBAP/159/19.

Xalisco, Nayarit; 04 de octubre de 2019.

**M.C. GLORIA MACHAIN IBARRA**  
**DIRECTORA DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR**  
**NIVEL SUPERIOR Y POSGRADO**  
**P R E S E N T E.**

Con base al oficio de fecha 25 de septiembre del presente, enviado por los **CC. Dr. Emilio Adolfo Inda Díaz, Dra. Sylvia Patricia A. Jiménez-Rosenberg, Dr. Jushiro Cepeda Morales y M.C. Carlos Alberto Romero Bañuelos**, donde se indica que el trabajo de tesis cumple con lo establecido en forma y contenido, y debido a que ha finalizado con los demás requisitos que establece nuestra institución, se autoriza al **Biol. Javier Paniagua Herrera**, continúe con los trámites necesarios para la presentación del examen de grado de Maestría en Ciencias Biológico Agropecuarias en el Área de Ciencias Pesqueras.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente  
*"Por lo Nuestro a lo Universal"*

Dr. J. Diego García Paredes  
Coordinador del Posgrado



C.c.p.- Expediente

&mefm

Unidad Académica de Agricultura. Carretera Tepic-Compostela Km. 9. C.P. 63780. Xalisco, Nayarit. Tels. (311)2-11-01-28 y 2-11-11-63 Posgrado (CBAP) 2-11-24 78.

Xalisco, Nayarit 25 de Septiembre del 2019

**DR. DIEGO J. GARCÍA PAREDES**  
**COORDINADOR**  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS**  
**P R E S E N T E**

Los suscritos integrantes del Cuerpo Tutorial para asesorar la tesis titulada:

"Estructura comunitaria de larvas de peces en diferentes ambientes marinos en la costa de Nayarit"

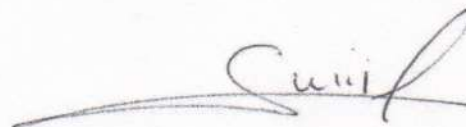
que presenta el Biol. Javier Paniagua Herrera para obtener el grado de Maestro en Ciencias Biológicas Agropecuarias con opción terminal en Ciencias Pesqueras, damos nuestra aprobación para que continúe con los trámites correspondientes para la obtención de su grado.

Sin otro asunto que tratar, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE.



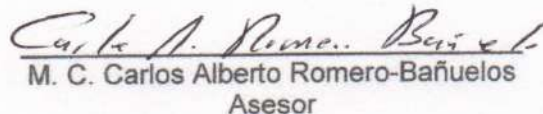
Dr. Emilio Adolfo Inda-Díaz  
Director



Dra. Sylvia Patricia A. Jiménez-Rosenberg  
Co-Directora



Dr. Jushiro Cepeda-Morales  
Asesor



M. C. Carlos Alberto Romero-Bañuelos  
Asesor

## DEDICATORIA

En memoria de alguien que conocí por un periodo de tiempo muy corto, y sin embargo a través de sus conocimientos motivó en mi persona el estudio por uno de mis grupos taxonómicos predilectos, los peces. *Descansa en paz*, amigo y maestro Dr. Deivis Samuel Palacios-Salgado.

Quisiera dedicar además este trabajo de manera muy especial a María de Jesús Franco Maciel. Esposa, amiga incondicional, confidente, y madre de mis hijas; por su apoyo invaluable, paciencia y consejos durante mi paso por la maestría, sin su ayuda esto no hubiera sido posible.

A mi director de tesis el Dr. Emilio A. Inda-Díaz. Por depositar en mi persona su confianza en el proceso de elaboración de este documento científico, ser mi tutor y parte fundamental en mi proceso de formación. Por estar conmigo en los momentos difíciles y al cual le extiendo mi más profundo respeto y admiración.

A mis padres ya que con su apoyo y asistencia me han brindado la oportunidad de superarme en mi vida profesional. Especialmente a mi padre Javier Paniagua Ramírez por ser el pilar de la familia Paniagua Herrera, su labor como profesionista me inspiró a estar mejor preparado en la vida, logrando así la satisfacción personal de obtener el grado de Maestro en Ciencias.

A mi madre Socorro Herrera García, por estar al pendiente de mi desempeño durante la maestría, por su confianza en que sería capaz de salir adelante en este reto que decidí tomar y por los momentos de exigencia que representaron estos años de arduo trabajo.

A mis hermanos Josué y Zuly por motivarme durante mi paso en el Posgrado ya que fueron testigos del interés y gusto que siento por esta línea de investigación el cual comparto con cada uno de ellos, y que a su vez el contenido y contribución de este trabajo soporta lo anteriormente mencionado.

A mis amigos el M. en C. Edwin Jacobo Sapiens y la M. en C. Nidia Jisell Jaime Escalante por estar al pendiente de mi desempeño durante la maestría, su trayectoria y compromiso como investigadores me inspiró a dar lo mejor.

## AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la oportunidad que nos otorga a los estudiantes en realizar estudios de posgrado, especialmente al Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Nayarit.

Agradezco a mi director de tesis el Dr. Emilio A. Inda-Díaz por su disponibilidad y tiempo para la realización de este trabajo, así como el haberme invitado a colaborar en su proyecto de investigación “Procesos físico-biológicos en frentes de pluma de río del Pacífico Mexicano”.

A mi asesora la Dra. Sylvia Patricia A. Jiménez-Rosenberg por su calidad humana y su invaluable ayuda en la codirección de la presente tesis, por su apoyo para fotografiar el material biológico, así como de su gran entrega como investigadora y sus aportaciones para el mejoramiento de esta investigación. Con un gran reconocimiento, a mis asesores el Dr. Jushiro Cepeda-Morales y el M. en C. Carlos Alberto Romero-Bañuelos, por ser parte medular de este trabajo, sus contribuciones en conjunto permitieron una mejor versión de esta tesis.

Al departamento de Plancton y Ecología Marina del CICIMAR por haberme permitido realizar una estancia durante un semestre y brindarme la asesoría en torno a esta línea de investigación. De manera muy especial al M. en C. Ricardo Saldierna-Martínez por su apoyo en la identificación y corroboración de los especímenes. Al Dr. Gerardo Aceves-Medina por sus acertados consejos y su gran apoyo. Al Dr. Raymundo Avendaño-Ibarra por extenderme su invitación al curso taller del uso y manejo del *software* Surfer. Al Dr. David Siqueiros-Beltrones por invitarme a participar de sus cátedras. Al M. en C. Erik Daniel Ruvalcaba-Aroche por brindarme su apoyo en el uso del programa MATLAB.

A los revisores externos que contribuyeron eventualmente al mejoramiento de esta tesis. Así como del apoyo del capitán el Ing. Fidencio Serrano Estrada, conocido por la comunidad académica como “*El Otates*”, así como a su tripulación en el barco Don Emilio M. González, por su apoyo y dedicación durante la campaña

oceanográfica PROFRENTES-02. Así como a los guardaparques de la CONANP por su apoyo en el trabajo de campo.

De manera muy especial a mis amigos y amigas el M. en C. Iván Antonio Maldonado Escorza, el Biol. Jorge Gustavo Salazar Palma, la M. en C. Kathie Monserrat Estrada Gutiérrez quienes apoyaron en la colecta de datos y a Deisy Alejandra Romero Rodríguez por su cooperación en el manejo y procesamiento de las imágenes satelitales.



## RESUMEN

Las plumas de los ríos son estructuras hidrográficas que además de funcionar como barreras físicas efectivas al contener la dispersión del material flotante hacia la zona oceánica, retener menor salinidad del agua dulce vertida por los ríos y promover la formación de frentes, destacan como sistemas altamente productivos. Éstas estructuras concentran gran cantidad de organismos planctónicos y alta riqueza de larvas de peces, por lo que son considerados sitios importantes de crianza. En el Pacífico Central Mexicano, en la zona costera frente a Nayarit, existe un desconocimiento del efecto de los frentes, plumas de río y zonas insulares, sobre las primeras fases del ciclo de vida de los peces. El objetivo de este trabajo fue determinar la estructura comunitaria de larvas de peces y su relación con los ambientes en el frente y zona de influencia de la pluma del río Santiago, y compararla con la de las islas Isabel, del Coral y Marietas, durante el final del estiaje del 2017. Los datos hidrográficos y biológicos fueron obtenidos en la campaña oceanográfica PROFRENTES-02 y en muestreos en las Islas durante Junio 2017. Los parámetros físicos fueron obtenidos con lances de CTD. Para la obtención del material biológico se realizaron arrastres superficiales con redes cónicas de 50cm de diámetro y luz de malla de 500  $\mu\text{m}$ , de las que se separaron, cuantificaron e identificaron larvas de peces, la abundancia se estandarizó a 10m<sup>2</sup>. Se generaron mapas de distribución espacial y transectos verticales de las variables físicas y biológicas del área de estudio. Se distinguió la presencia de dos masas de agua definidas como, agua Tropical Superficial (STW), agua Subsuperficial Subtropical (StSsW) y Agua nombrada "Transicional". Se clasificaron cuatro ambientes con base en salinidad, turbidez y estratificación principalmente. La mayor concentración de zooplancton se obtuvo durante la noche cerca a la desembocadura del río. Se registraron un total de 78 taxones pertenecientes a 28 familias, de las cuales 10 son de interés pesquero. La abundancia de larvas de peces fue similar en todas las estaciones durante el día y mostró valores bajos (1-7 larvas/10m<sup>2</sup>). Durante la noche, la abundancia de larvas sobre el frente fue mayor (8-47 larvas/10m<sup>2</sup>). Las islas presentaron los valores más bajos de abundancia (1 larva/10m<sup>2</sup>). Se identificaron cinco asociaciones de larvas de peces distribuidas, una en las Islas,

una dentro de la pluma, otra fuera de la pluma, otra transicional pluma-frente, y otra en la zona oceánica. Los datos hidrográficos y biológicos mostraron una alta variabilidad espacial de ambientes y asociaciones de larvas de peces en el área de estudio. A pesar de la pequeña escala espacial de la zona de influencia de la pluma del río Santiago, ésta constituye un sitio de importancia para el desarrollo de peces, incluidas las de interés pesquero.

Palabras clave: *Nayarit, río Santiago, pluma de río, frente, Islas, larvas de peces.*

## ABSTRACT

River plumes are hydrographic structures that besides functioning as effective physical barriers to contain suspended material dispersion towards the oceanic zone, delays river run-offs and promote frontal systems, standing out as highly productive systems. These structures concentrates large amounts of planktonic organisms, including many fish larvae species, so that consider it as important nursery sites. In the Mexican Central Pacific coast, off Nayarit state, there is a lack of knowledge about the effects of river plumes and fronts in the early life stage of fish. The aim of this study was to determine fish larvae community structure in relation to environmental conditions in the river plume and front of Santiago river, and compare it to those from Isabel, Coral and Marietas Islands, during 2017 late dry season. Hydrographic and biological data were obtained during PROFRENTES-02 oceanographic campaign, and single sampling in the islands, during June 2017. The physical parameters were obtained through CTD casts, and zooplankton samples through surface tows (500  $\mu\text{m}$  mesh 50 cm diameter conical nets). Fish larvae were separated, identified and its abundance standardized to  $10\text{m}^2$ . Maps and vertical transects of physical and biological variables were constructed to analyze its spatial distribution. Two defined water mass as Tropical Surface Water (STW), Subtropical Subsurface Water (StSsW) (STW, StSsW) and "Transitional" water were detected. Based on salinity, turbidity and stratification four different environments were delimited. The highest zooplankton concentration occurred during the night near the mouth of the river. A total of 78 fish larvae taxa that belong to 28 families were registered, of which 10 are of fishing interest. During the day, fish larvae abundance were low and similar in all stations (1-7 larvae/ $10\text{m}^2$ ). During the night, fish larvae abundance was higher (8-47 larvae  $10\text{m}^2$ ). The lowest fish larvae abundance (1 larvae/ $10\text{m}^2$ ) was registered around the islands. Five larval fish assemblages were distributed in the study area: one in the Islands, one inside-the-river plume, one off-the-river plume, one transitional zone from the plume to front, and in oceanic zone. The physical and biological data showed high spatial variability and relation of marine environments and larval fish assemblages. Despite of the

small spatial scale of the Santiago river plume influence zone this area constitutes an important site for fish larvae development including, fishing interest species.

Keywords: *Nayarit, Santiago river, river plume, front, Islands, fish larvae.*

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	4
2.1. Marco teórico .....	4
2.1. Procesos oceanográficos en el Pacífico Oriental Tropical .....	8
2.2. Trabajos realizados en México sobre el Ictioplancton .....	9
2.3. La ictiofauna en Nayarit .....	14
3. HIPÓTESIS .....	19
4. OBJETIVOS .....	19
4.1. Objetivo general .....	19
4.2. Objetivos particulares .....	19
5. MATERIALES Y MÉTODOS .....	20
5.1. Área de estudio .....	20
5.2. Obtención de datos .....	22
5.2.1. Diseño y sitios de muestreo .....	22
5.2.2. Variables ambientales .....	25
5.2.3. Muestreo del material biológico .....	26
5.2.4. Composición de especies por hábitat .....	28
5.2.5. Relación entre variables ambientales y biológicas .....	29
6. RESULTADOS .....	30
6.1. Variables ambientales .....	30
6.1.1. Variables ambientales horizontales en el frente y pluma del río Santiago .....	30
6.1.2. Análisis de agrupamiento de variables ambientales en el frente .....	34
6.1.3. Estructura vertical de variables ambientales en el frente y pluma del río Santiago .....	35
6.1.4. Diagrama T-S .....	41
6.2. Componente Biológico .....	43
6.2.1. Zooplancton frente .....	43
6.2.1. Zooplancton Islas .....	44

6.3.	Taxonomía .....	46
6.4.	Análisis de agrupamiento general .....	53
6.5.	Análisis de agrupamiento de larvas de peces en Islas.....	53
6.6.	Análisis de agrupamiento de larvas de peces en el frente.....	54
6.7.	Asociaciones de larvas .....	55
6.7.1.	Asociación dentro de la pluma de río .....	55
6.7.2.	Asociación fuera de la pluma de río .....	56
6.7.3.	Asociación de transición .....	57
6.7.4.	Asociación oceánica .....	59
6.8.	Clupleiformes en el frente y pluma de río .....	60
7.	DISCUSIÓN .....	62
7.1.	Ambiente físico oceánico.....	62
7.2.	Componente Biológico.....	64
7.2.1.	Zooplancton .....	64
7.3.	Taxonomía .....	65
7.4.	Asociaciones de larvas .....	67
7.5.	Aspectos complementarios .....	70
7.6.	Aspectos ecológicos para la conservación.....	71
8.	CONCLUSIONES .....	74
9.	BIBLIOGRAFÍA .....	75
Apéndice A. Listado de larvas de peces registradas en el área de estudio, Especie de interés comercial (*). Se incluye un código asignado a cada taxón, integra las tres primeras letras del género y especie. La información sobre Afinidad Zoogeográfica, Hábitat, Ambiente se basa en el criterio de Moser, (1996); Froese y Pauly (2018). Lugar registrado: (F) Frente, (FF) Fuera frente, (II) Isla Isabel, (IC) Isla Coral, (IM) Islas Marietas.....		
		95
Apéndice B. Catálogo de larvas de peces con referencia métrica. <i>Nombre de la especie</i> . Fase larvaria: Vitelina, Preflexión, Flexión, Postflexión, Transformado. Lugar registrado: Frente (F), Fuera del frente (FF), Isla Isabel (II), Isla Coral (IC), Islas Marietas (IM).....		
		99
Apéndice C. Glosario de términos.....		
		106

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio en la costa de Nayarit (líneas en rojo) y corrientes presentes en el Pacífico Oriental Tropical: Corriente de California, Corriente Costera Mexicana.....	21
Figura 2. Imagen satelital de mayo 2017 en sitio de muestreo nombrado frente: (rojo) pluma del río Santiago; (amarillo) frente y (blanco) fuera del frente.....	23
Figura 3. Estaciones de muestreo en el frente durante mayo 2017. ....	23
Figura 4. Sitios de muestreo en Isla Isabel, Isla del Coral e Islas Marietas junio 2017. ....	24
Figura 5. Distribución espacial de la temperatura superficial sobre el frente. ....	30
Figura 6. Distribución espacial de la salinidad superficial sobre el frente.....	31
Figura 7. Distribución espacial de la densidad superficial sobre el frente. ....	32
Figura 8. Distribución espacial del oxígeno disuelto superficial sobre el frente.....	32
Figura 9. Distribución espacial de clorofila a superficial sobre el frente. ....	33
Figura 10. Distribución espacial de turbidez superficial sobre el frente.....	34
Figura 11. Diagrama dbRDA de las estaciones de muestreo en el Frente basado en la prueba Distance Based Linear Model. Temperatura (temp), Turbidez (turb), Clorofila a (Chlo), Biovolumen zooplanctónico (BZ), Densidad (dens), Salinidad (sal), Oxígeno disuelto (OD).....	35
Figura 12. Distribución vertical de la temperatura sobre el frente y pluma del río.	36
Figura 13. Distribución vertical de la salinidad sobre el frente y pluma del río. ....	37
Figura 14. Distribución vertical de densidad sobre el frente y pluma del río. ....	38
Figura 15. Distribución vertical del oxígeno disuelto sobre el frente y pluma del río. ....	39
Figura 16. Distribución vertical de clorofila-a sobre el frente y pluma del río. ....	40
Figura 17. Distribución vertical de turbidez sobre el frente y pluma del río. ....	41

Figura 18. Diagrama T-S. Los acrónimos representan: Agua Subtropical Subsuperficial (StSsW), Agua Tropical Superficial (TSW). .....	42
Figura 19. Distribución espacial del zooplancton sobre el frente.....	44
Figura 20. Prueba ANOSIM de los valores del zooplancton; a) día y noche y b) superficie y fondo. ....	44
Figura 21. Valores del zooplancton en Isla Isabel, Isla Coral, Islas Marietas.....	45
Figura 22. Proporción de fases larvarias de peces en Islas y frente. ....	46
Figura 23. Cantidad de taxones y familias de larvas de peces en Islas y Frente. .	47
Figura 24. Taxones de larvas de peces compartidos y no compartidos en islas y frente.....	48
Figura 25. Proporción de especies de peces susceptibles de aprovechamiento pesquero en Islas y Frente.....	48
Figura 26. Proporción de especies de peces en relación a su afinidad al hábitat en Islas y Frente.....	49
Figura 27. Representatividad del esfuerzo de muestreo en el área de estudio.....	50
Figura 28. Curvas de rango-abundancia de larvas de peces y especies más abundantes en la zona de las Islas y Frente. ....	51
Figura 29. Abundancia de larvas de peces en Islas. ....	51
Figura 30. Abundancia espacial de larvas de peces en el frente. ....	52
Figura 31. Prueba ANOSIM de los valores de riqueza de larvas de peces en el frente. ....	53
Figura 32. Dendrograma de las estaciones de muestreo en Islas y Frente basado en el análisis de agrupamiento del índice de similitud de Bray-Curtis.....	53
Figura 33. Diagrama n-MDS de estaciones de muestreo en Islas basado en el índice de similitud de Bray-Curtis.....	54
Figura 34. Dendrograma de las estaciones de muestreo en el Frente basado en el análisis de agrupamiento del índice de similitud de Bray-Curtis al 21%.....	55
Figura 35. Distribución vertical de las asociaciones de larvas en el frente.....	60



Figura 36. Diagrama dbRDA en estaciones donde se registró *Cetengraulis mysticetus* y *Opisthonema spp.* Abundancia y su relación con las variables ambientales en el frente. Temperatura (temp), Turbidez (turb), Clorofila a (Chlo), Biovolumen zooplanctónico (BZ), Densidad (dens), Salinidad (sal), Oxígeno disuelto (OD). ..... 61

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Jerarquización de los taxones por medio del análisis SIMPER dentro de la pluma del río Santiago. ....	56
Tabla 2. Jerarquización de los taxones por medio del análisis SIMPER fuera de la pluma. ....	56
Tabla 3. Jerarquización de los taxones por medio del análisis SIMPER de transición. ....	57
Tabla 4. Jerarquización de los taxones por medio del análisis SIMPER en el hábitat oceánico. ....	59

## 1. INTRODUCCIÓN

Las plumas de río son áreas de transición e interacción entre los sistemas acuáticos continentales y el agua costera adyacente, y son considerados como uno de los ecosistemas más dinámicos, complejos e importantes del mundo ya que influyen fuertemente los procesos físicos y biológicos en las zonas costeras a través de la interceptación de materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes (Uncles, 2011; Sigman y Hain, 2012; Hetland y Hsu, 2013; Liste *et al.*, 2014; Munk, 2014; Osadchiv y Sedakov, 2019).

Además de funcionar como barreras físicas efectivas al contener la dispersión de material suspendido hacia la zona oceánica, retener el agua vertida por los ríos y promover la formación de frentes oceánicos, las plumas de río destacan como sistemas altamente productivos (Dustan y Pinckney- James, 1989; Lohrenz *et al.*, 1990; Warrick y Farnsworth, 2017). Estas estructuras hidrográficas concentran una gran cantidad de organismos planctónicos y una alta riqueza de larvas de peces, por lo que son considerados como hábitats importantes de crianza (Morgan *et al.*, 2005; Marrari *et al.*, 2013; Johns *et al.*, 2014). Incluso estos sistemas tienen la capacidad de concentrar diferente riqueza y abundancia de larvas de peces respecto a zonas adyacentes (Thorrold, 1995; De Macedo-Soares *et al.*, 2014).

Cabe añadir que el acoplamiento entre la presencia y desarrollo de estructuras hidrográficas de mesoescala y submesoescala ha sido señalado como un factor clave en la supervivencia y crecimiento de las larvas de peces (Sánchez-Velasco *et al.*, 2007; Inda-Díaz *et al.*, 2010; Contreras-Catala *et al.*, 2015). De ahí que estructuras como las plumas de río han sido consideradas como sistemas dinámicos que promueven el desarrollo y posterior dispersión rápida de organismos a grandes distancias (Govoni, 1993; Largier, 1993), y favorecen el reclutamiento en sus hábitats adultos de un alto número de especies (Caley *et al.*, 1996; Armsworth, 2001).

En otro contexto, existen otros hábitats larvarios de peces como los sistemas insulares, los cuales constituyen además sitios de reclutamiento para un alto

número de especies asociadas a dichos sistemas y ambientes adyacentes (Brothers *et al.*, 1983; Leis, 1993). Las características hidrográficas particulares presentes en las islas, las estrategias de reproducción de los peces adultos, y los mecanismos conductuales de las larvas de peces, favorecen también su retención y asentamiento en estos sistemas (Jones *et al.*, 1999; Swearer *et al.*, 1999; James *et al.*, 2002).

A pesar del importante rol de las plumas de los ríos, frentes e islas en los ciclos biológicos, es necesario mencionar que, a escala regional existe un desconocimiento del efecto de estos sistemas en el desarrollo de larvas de peces en la plataforma continental de Nayarit, así como la relación entre la distribución de las asociaciones de larvas de peces y su composición taxonómica. Más aún, debido a que un alto número de especies que se distribuyen en la costa de Nayarit (Torres-Orozco *et al.*, 2005; Moncayo-Estrada *et al.*, 2006; Valdez-Pineda, 2015) y zonas insulares (Greenfield *et al.*, 1970; Galván-Villa *et al.*, 2010; Erisman *et al.*, 2011; SEMARNAT, 2007) tienen importancia económica, es necesario conocer datos físico-biológicos, la temporada y zonas de mayor desove, distribución de sus larvas, zonas favorables para su desarrollo, entre otros, para promover un adecuado aprovechamiento de los recursos pesqueros.

Particularmente, la costa del Pacífico Tropical mexicano muestra agregaciones importantes de zooplancton con relación a las descargas de ríos (Navarro-Rodríguez *et al.*, 2002). Trabajos recientes en la costa de Nayarit, asocian una alta productividad de fitoplancton en los meses de estiaje sobre la plataforma continental de la entidad (Cepeda-Morales *et al.* 2017), y han documentado la distribución de la biomasa del zooplancton (Inda-Díaz *et al.* 2013) y la posible relación de las asociaciones de larvas de peces a las plumas de río.

En Nayarit, el régimen hidrográfico en la zona costera está altamente influenciado por las descargas de ríos (Martínez-Flores *et al.*, 2011; Hernández-Guzmán *et al.*, 2018; Mireles-Loera *et al.*, 2019), de ahí que la evolución espacio-temporal de la pluma del río Santiago al final del estiaje podría definir el hábitat de las larvas de peces y las asociaciones que se forman. Por lo que el determinar la relación entre

las estructuras hidrográficas presentes y la distribución de larvas de peces proveería de información fundamental para conocer la dinámica funcional de estos sistemas.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1. Marco teórico

El interés del ser humano por conocer las formas de vida en los sistemas marinos surgen desde tiempos remotos, destacan algunas expediciones realizadas a escala global lideradas por el naturalista Charles Darwin en el buque "*Beagle*" (1831-1836), así como por Edward Forbes en el "*Challenger*" (1872-1876), entre otras.

No fue sino hasta mediados del siglo pasado que se generan los primeros estudios descriptivos de larvas de peces a escala global, entre los que destacan los realizados por Schaefer y Marr (1948), Wade (1951), June (1953), Rivas (1954) y Klawe (1960), quienes documentaron zonas reproductivas de especies de atún, además de describir y esbozar por primera vez las características morfológicas que presentan las fases tempranas de estos peces.

Décadas después, Balon (1975) propone la terminología adecuada para los intervalos de desarrollo de larvas de peces. Destacan además las aportaciones de Smith y Richardson (1979), quienes propusieron un manual estandarizado de técnicas de campo para el estudio de huevos y larvas de peces pelágicos. Así como el trabajo de Ahlstrom (1984), quien presentó una guía sistemática para la identificación de larvas de peces, la cual muestra ilustraciones con caracteres clave para la descripción de estos organismos.

Por su parte, Richards (1985) menciona que hasta ese año, se han habían logrado describir los estadios larvarios de menos de 2000 especies, lo que representaba aproximadamente el 10% de las especies de peces conocidas. Heath (1992) sentó las bases de investigaciones oceanográficas para analizar el acoplamiento de estadios tempranos de peces marinos a diferentes procesos oceanográficos.

Desde entonces, un alto número de estudios han centrado sus esfuerzos en conocer la distribución y transporte de huevos y larvas de peces en diferentes regiones

oceanográficas en el mundo (e.g. Polacheck *et al.*, 1992; Loeb *et al.*, 1993; Olivar y Shelton, 1993; Hare *et al.*, 2001; Pattrick *et al.*, 2013), y en los últimos años han sido integradas nuevas técnicas para describir aspectos ecológicos de las comunidades del ictioplancton tales, como las asociaciones presentes, análisis de componentes principales, descriptores comunitarios e índices ecológicos (Arteaga *et al.*, 2004; Chiyuki *et al.*, 2004; Freitas y Muelbert, 2004; González-Quirós *et al.*, 2004; Vélez *et al.*, 2005; Keane y Neira, 2008; Katsuragawa *et al.*, 2011; Hsieh *et al.*, 2012; Maeda y Tachihara, 2014; Pattrick y Strydom, 2014).

Existe evidencia que describe como la distribución y supervivencia de las larvas de peces puede ser afectada por procesos físicos como giros y frentes, así como la variación temporal (Xu *et al.*, 2015) y variación interanual (Mafalda *et al.*, 2008; Peguero-Icaza *et al.*, 2008). También se ha documentado como la variación estacional influye en la distribución vertical de larvas (Ropke, 1993; Teixeira-Bonecker *et al.*, 2012; Munk, 2014), o como eventos interanuales asociados al fenómeno de El Niño (Flores-Coto *et al.*, 2008; Martínez-Aguilar *et al.*, 2010), o eventos estacionales de surgencias tienen efectos sobre la comunidad de larvas de peces (Rojas-Venegas, 2017). Aunado a los procesos físicos, algunos procesos biológicos, como la disposición o carencia de alimento, la depredación (Palomares-García y Vera-Alejandre, 1995), e incluso el canibalismo (Bailey y Houde, 1989; Takasuka *et al.*, 2004), entre otros, afectan la evolución espacio-temporal de la comunidad de larvas.

Las larvas de peces son consideradas también como un indicador directo de la actividad de desove de peces adultos (Pritt *et al.*, 2015). Diversos estudios han documentado áreas de crianza de diferentes especies, sobre todo de interés comercial en el mundo, tales como: *Engraulis mordax* (Inda-Díaz *et al.*, 2010; Koslow y Wright, 2016), *Sardinops melanostictus* (Takahashi *et al.*, 2008), *Sardinops sagax* (Inda-Díaz *et al.*, 2010; Mullaney *et al.*, 2014), así como especies de la familia Carangidae (Raya y Sabatés, 2015), Sciaenidae (Andrade-Vera *et al.*, 2017), Serranidae (Ojeda Serrano, 2002) y Lutjanidae, (Crales-Hernández *et al.*, 2003).

En otro contexto, habrá que considerar también que a escala global han sido estudiados distintos hábitats larvarios relacionados a estructuras hidrográficas de mesoescala y submesoescala, como frentes y plumas de río, relacionados directamente con las descargas continentales en los océanos. Las propiedades químicas, físicas y biológicas presentes en estos sistemas constituyen factores clave en la presencia y abundancia de larvas de peces. Los primeros estudios enfocados a la descripción de los frentes de pluma de río se llevaron a cabo a partir de la década de los setenta, por Garvine y Monk (1974), sus primeras observaciones permitieron realizar simulaciones numéricas de los procesos físicos en dichas zonas, iniciando así el estudio de estas estructuras hidrográficas.

Existen además frentes estuarinos superficiales y basales, que funcionan también como barreras físicas efectivas que, contienen la dispersión hacia el mar del agua dulce o salobre vertida por los ríos, y en menor medida regulan el ingreso de agua marina y funcionan como sitios de crianza de larvas de peces; posteriormente estas larvas son dispersadas a gran distancia hacia zonas adyacentes (Largier, 1993).

Al respecto, destacan los estudios realizados en sistemas frontales del mar Báltico (Kahrul *et al.*, 1984), y en la boca de los fiordos en la costa occidental de Canadá (Parsons *et al.*, 1983), cuyos resultados mostraron que la producción primaria es mayor sobre el frente, en comparación con las zonas adyacentes fuera de éstos. Las estructuras frontales al retener los aportes de los sistemas lóticos, con alta disponibilidad de nutrientes y materia orgánica, dan como resultado ecosistemas altamente productivos (Sigman y Hain, 2012), a los que se han acoplado los ciclos biológicos de las larvas de peces.

Considerando lo anterior, Marrari *et al.* (2013) relacionaron en zonas tropicales el éxito reproductivo de *Engraulis anchoita* con la alta concentración de clorofila y larvas de peces debido a la presencia de los frentes de pluma de río. Resultados similares fueron obtenidos en estudios realizados en el frente de pluma de río de la Plata, donde se describe la relación entre alta cantidad de clorofila y biomasa de zooplancton, a su vez el principal alimento de larvas de la familia Engraulidae (De Macedo-Soares *et al.*, 2014).



Habría que mencionar además otros hábitats larvarios relacionados a las provincias neríticas, conocidos como sistemas lagunares costeros, los cuales constituyen zonas importantes de crianza y reclutamiento de larvas y juveniles de peces (Churchill *et al.*, 1999; Brown *et al.*, 2004; Patrick *et al.*, 2007; Wargo *et al.*, 2009). Las características altamente dinámicas de estas zonas pueden vincular la fauna ictioplanctónica presente en la zona costera con la estuarina (Sanvicente-Añorve *et al.*, 1998; Sánchez-Ramírez y Ocaña-Luna, 2015). Además éstos hábitats también pueden reflejar cambios en la estructura de las comunidades de larvas de peces a escala estacional e interanual en relación con el cambio en los regímenes hídricos locales (Navarro-Rodríguez *et al.*, 2002; Jiang *et al.*, 2016).

En otro contexto, uno de los grupos de larvas de peces que cobran relevancia son las especies arrecifales, ya que la identificación de los patrones en su distribución, ha representado un gran reto para la investigación en las últimas décadas (Leis y Miller, 1976; Leis, 1993; Cowen *et al.*, 2000; Leis *et al.*, 2014).

Los peces arrecifales tienen una fase larvaria planctónica que los lleva a sistemas marinos abiertos (Leis, 1993; Leis *et al.*, 1996; Jones *et al.*, 1999) en tanto son capaces de desarrollar la capacidad de nado (Simpson *et al.*, 2013). En esta etapa, se convierten en fuertes nadadores y realizan movimientos verticales y horizontales (Leis *et al.*, 1996), y aunque solo pocas larvas logran una agregación cercana a la costa (D´Croz *et al.*, 1999), son capaces de regresar a sus hábitats originales (Irisson *et al.*, 2004; Almany *et al.*, 2007; Beldade *et al.*, 2016), no obstante, no todas las especies lo hacen en el mismo tiempo (Fisher, 2005; Leis *et al.*, 2015).

Algunos estudios mencionan, que las estrategias de dispersión de las larvas de peces arrecifales dependen de los atributos de cada especie (Mora y Sale, 2002) y en algunos casos algunas logran dispersarse decenas de kilómetros (Hogan *et al.*, 2011). Otros estudios, han abordado la dinámica de su distribución a partir de la estacionalidad (López-Sanz *et al.*, 2011). Otras investigaciones describen cómo estos organismos detectan cambios en las propiedades del medio que les rodea, y se orientan para regresar a sus hábitats de reclutamiento incluso, a nivel de macro escala (Kingsford *et al.*, 2002).

Los estudios sobre larvas de peces realizados en islas de diferentes regiones biogeográficas del mundo (e.g. Leis y Miller, 1976; James *et al.*, 2002; Sponaugle *et al.*, 2003; Irisson *et al.*, 2004; López-Sanz *et al.*, 2011; Olivar *et al.*, 2014), coinciden en que estos lugares concentran una alta riqueza de taxones relacionados a sistemas arrecifales y de ambientes adyacentes, y son influenciados por la dinámica hidrográfica a escala local y regional.

### **2.1. Procesos oceanográficos en el Pacífico Oriental Tropical**

Los patrones de circulación en el Pacífico Oriental Tropical son resultado de procesos que se generan a nivel de macro-escala en el Océano Pacífico y a mesoescala a nivel regional. Son singularmente distinguidos por la interacción de diferentes corrientes de agua que confluyen de manera particular en esta zona (Wyrcki, 1966; Kessler, 2002), como la Corriente Norecuatorial, la Corriente de California y la Corriente Costera Mexicana. Por lo anterior, los procesos oceanográficos en la región tienen una alta variabilidad, entre ellas la estacional (Lavín y Marinone, 2003; Fiedler y Talley, 2006; Kessler, 2006), que genera procesos como las surgencias costeras estacionales, que se extienden a lo largo de la costa del Pacífico Central mexicano (Lavín y Marinone, 2003; Flores-Morales *et al.*, 2009).

Cabe mencionar que en la dinámica anual de la región, se ha identificado la presencia de la Corriente Costera Mexicana en dirección norte durante el verano (Godínez *et al.*, 2010; Pantoja *et al.*, 2012; Gómez-Valdivia *et al.*, 2015) (Figura 1). Otro rasgo importante que caracteriza esta región es su localización en la zona de transición intertropical (Portela *et al.*, 2016).

La circulación de mesoescala en las zonas profundas adyacentes a la plataforma continental de Nayarit en el Pacífico Tropical mexicano está dominada por giros geostrofos con patrones estacionales (López-Calderón *et al.*, 2006; Willett *et al.*, 2006; Kurczyn *et al.*, 2012; Kurczyn *et al.*, 2013). En la zona costera frente a Nayarit la batimetría de la plataforma continental incide fuertemente en la formación de giros geostrofos y la separación de estos hacia la zona oceánica (Zamudio *et al.*, 2007).

Es importante señalar, que una de las estructuras hidrográficas más conspicuas en el área de estudio lo constituyen los frentes y plumas de río (Martínez-Flores *et al.*, 2011). Los principales aportes que las generan son las desembocaduras de arroyos y ríos de amplio caudal, como el Acaponeta, San Pedro, Lerma Santiago, y el Ameca, así como sistemas estuarino-lagunares entre los que destacan el estero San Cristobal, Pozo-Rey, Teacapán-Agua Brava (INEGI, 2018). Estas desembocaduras se encuentran en permanente conectividad con la provincia nerítica y se asocian localmente a variaciones estacionales en los niveles de clorofila (Cepeda-Morales *et al.*, 2017) (Figura 1).

## **2.2. Trabajos realizados en México sobre el Ictioplancton**

Los estudios realizados en México son numerosos y diversos, y pueden ser abordados a partir del criterio asignado en la caracterización de sus regiones oceanográficas. Para el caso de esta revisión, se consideró la propuesta de Medrano González (2006) quien identifica cinco principales regiones para el país: Pacífico Norte (PN), Golfo de California (GC), Pacífico Tropical (PT), Golfo de México (GM) y Mar del Caribe (MC). De los cuales solo se abordan algunos de los estudios realizados en el PN, PT, GC. Cabe mencionar que la última región oceanográfica descrita en esta sección corresponde al GC.

En el PN existen diversos estudios entre los que destacan las obras de Moser y Smith (1993), quienes por más de 30 años, estudiaron la región de California y Baja California, y registraron 249 morfotipos de larvas de peces. Tres años después Moser (1996) elaboró una guía de identificación de larvas de peces en la cual describe la morfología, estadios larvarios, además de referir características merísticas (número de vértebras y de miómeros, número de radios en las aletas, número de fotóforos) y morfométricas, (longitud estándar, longitud intestinal, longitud cefálica), posición de las aletas y patrones de pigmentación en larvas de peces para su correcta identificación.

Destacan también, las aportaciones de Funes-Rodríguez *et al.* (1998a), en la que explican los cambios en la composición de larvas de peces asociados al fenómeno El Niño. En ese mismo año Funes-Rodríguez *et al.* (1998b), reportaron también la abundancia, riqueza y distribución de larvas de peces, asociadas a la temperatura y la distribución de la biomasa zooplanctónica, y lograron identificar 42 formas específicas de larvas de peces. Tiempo después continuaron los trabajos de Funes-Rodríguez *et al.* (2011), donde examinaron la distribución y patrones de abundancia de larvas mesopelágicas, en ciclos interanuales y anuales, asociados al fenómeno de El Niño.

En la Corriente de California, se suman además los estudios de Baumgartner *et al.* (2008) y Koslow y Wright (2016), quienes a través de una serie de datos anuales describieron asociaciones y la distribución de larvas de peces, calcularon índices relativos de las áreas de desove, en especies comerciales, y enfatizaron en el monitoreo de las comunidades ante el estrés antropogénico sobre los ecosistemas marinos.

Por otro lado, el PT es una región que ha sido estudiada por Franco-Gordo *et al.* (2002), quienes describieron las asociaciones de larvas de peces durante el periodo de invierno y verano en las costas de Jalisco. Dichos autores, registraron cambios en la composición taxonómica de las larvas de peces, durante cada periodo. Un año después el mismo autor logró examinar durante un año la variación y diversidad de larvas de peces, y encontraron que *Bregmaceros bathymaster* fue la especie dominante.

Silva-Segundo (2005) identificó la variación espacio temporal de las comunidades de larvas de peces y las características oceanográficas en Jalisco y Colima. En sus resultados asociaron las distintas comunidades de larvas de peces a las características físicas de cada periodo. En el Golfo de Tehuantepec, López-Chávez *et al.* (2012) describieron la composición y abundancia de larvas de peces, y registraron cambios en la composición y abundancia de larvas entre un periodo de

verano y primavera. Estos autores registraron una alta dominancia de especies pelágico-costeras como *Bregmaceros bathymaster*.

En la actualidad la información publicada, referente a larvas de peces en el GC, es extensa y variada. Algunos estudios pioneros como el de Corro Espinosa (1985) describió los índices ecológicos de larvas de peces en tres regiones dentro del GC (región sur, centro y norte). El autor identificó 145 especies de la familia mesopelágica Myctophidae, que constituyó el 50% de la abundancia relativa. Posteriormente Juárez-Olvera (1991) registró cuatro especies de la familia Myctophidae en la región centro y norte del GC. Además señaló que un alto número de especies, no pueden ser identificadas a nivel de especie. Con la finalidad de resolver este recurrente problema, y poder avanzar en el entendimiento de la ecología de larvas de peces, Ortíz-Galindo *et al.* (1990) describieron la morfología en etapas tempranas de *Achirus mazatlanus*. Por su parte Moser (1996) sentó las bases para la descripción morfológica y conocimiento en los patrones de distribución y áreas de crianza de un alto número de especies en las tres regiones del GC.

Feeney *et al.* (2010) describieron la morfología de una especie del género *Liopropoma* de la familia Epinephelidae, que fue comparada con otras especies del mismo género, y mostró altas semejanzas a la especie *L. fasciatum*. Todo esto parece confirmar, que las semejanzas en la morfología comparada entre caracteres presentes, constituye en algunos estudios el único recurso, para la identificación de especies. No obstante, es necesario recalcar que actualmente, nuevas técnicas moleculares han revolucionado los métodos convencionales al generar mayor certidumbre en su identificación (Azmir *et al.*, 2017).

En otro contexto, existen estudios que permitieron registrar fechas de eclosión en especies de interés comercial en el GC, como *Sardinops caeruleus* en la región centro y sur entre octubre y abril (Quiñonez-Velázquez *et al.*, 2000). Además, Aceves-Medina *et al.* (2003), a lo largo de cinco años de muestreo, lograron identificar 173 especies y encontraron que los organismos de afinidad tropical y subtropical fueron los más abundantes, excepto durante el invierno, cuando

dominaron las especies sub-árticas. Así mismo, los hábitos de dichas especies fueron principalmente mesopelágicas y pelágicas costeras, de las cuales las primeras fueron abundantes. Estos resultados, reflejan una alta variabilidad estacional y latitudinal en el GC.

Por su parte, Ávalos-García *et al.* (2003) lograron identificar tres asociaciones distintas de larvas de peces, relacionadas a: 1) un sistema de islas dominado por especies como *Engraulis mordax* y *Opisthonema spp*, 2) zonas oceánicas dominadas por especies mesopelágicas, y 3) zonas neríticas con algunas especies mesopelágicas y demersales costeras. Además, observaron que durante la presencia del fenómeno de “El Niño” se redujo la abundancia de especies pelágicas costeras.

En relación con la información sobre áreas de desove y comportamiento reproductivo en peces de arrecife, destaca el estudio de Sala *et al.* (2003), quienes colectaron datos de ocho especies en diferentes sistemas asociados a las pesquerías del GC. Encontraron que las áreas de desove de algunas especies estuvieron asociadas a arrecifes rocosos costeros y montes submarinos. Mientras que otras especies registraron estrategias de desove en agregaciones y en sistemas oceánicos.

Estudios más recientes, integran nuevos componentes que inciden sobre la distribución de las larvas de peces. Sánchez-Velasco *et al.* (2006) documentaron la relación espacio temporal entre las asociaciones de larvas de peces y la circulación geostrófica. En su trabajo relacionaron la presencia de dos distintas asociaciones con las variaciones estacionales, 1) *una asociación costera* con especies epipelágicas y 2) *una oceánica* con especies mesopelágicas. Encontraron que la circulación geostrófica, influye en la dispersión de larvas de peces, aunque durante mayo y junio, fue menor. Finalmente, durante el periodo verano-otoño, registraron el mayor número de especies.

Otro rasgo que caracteriza al GC es su peculiar batimetría, en la cual se pueden encontrar montañas submarinas. La relación entre las montañas submarinas y la distribución de las larvas de peces fue estudiada por González-Armas *et al.* (2008),

quienes encontraron un total de 76 especies, cuyos taxones fueron asociados al hábitat mesopelágico, arrecifal, pelágico costero y pelágicos mayores. Observaron que la estructura de la comunidad y su variación en el tiempo, estuvieron relacionados con la alternancia en los periodos reproductivos y eventos de mesoescala.

En el estudio de Peguero-Icaza *et al.* (2008) en el norte del GC, integran el concepto de conectividad, además de trabajar con los cambios estacionales en las asociaciones de larvas de peces y su distribución. Los autores encontraron una marcada estacionalidad y cambio en las rutas de conexión entre las asociaciones de acuerdo a las fases de la circulación estacional del GC. También identificaron que el reclutamiento de diversas especies ocurre en áreas de desove en relación a la época del año.

Nuevos estudios surgieron en los últimos años y versan sobre la distribución tridimensional de las asociaciones de larvas de peces en esta región, entre las que destacan Sánchez-Velasco *et al.* (2007), Danell-Jiménez *et al.* (2009), Inda-Díaz *et al.* (2010), Inda-Díaz *et al.* (2014), Apango-Figueroa *et al.* (2015), Contreras-Catala *et al.* (2012, 2015, 2016), quienes examinaron las diferencias entre las asociaciones y hábitats de larvas de peces y sus atributos comunitarios, con relación a la compleja hidrografía que se presenta en esta zona.

Por otra parte, Sánchez-Velasco *et al.* (2009) documentaron cambios estacionales en las asociaciones de larvas de peces en relación a la hidrografía y circulación estacional en la región norte del GC. Identificaron diferentes asociaciones de larvas de peces durante las diferentes fases de circulación en sistemas ciclónicos y anticiclónicos. Sugirieron que la marcada estacionalidad, lo predecible de la hidrografía, y las características de la circulación, se relacionaron a la temporada de desove de las especies dominantes.

Así mismo Peiro-Alcantar *et al.* (2013) en la región norte del GC, analizaron la variabilidad estacional de las asociaciones de larvas de peces, en relación con las condiciones hidrográficas. En este estudio identificaron dos periodos: frío, con circulación anticiclónica, dominado por especies de afinidad templada y subtropical,

y cálido con circulación ciclónica, y alta diversidad de especies de afinidad subtropical. Sugieren que la estructura comunitaria de las larvas de peces está relacionada a la variabilidad estacional del ecosistema. Además la hidrodinámica incidió en los patrones de agregación y predominio de la biota pelágica costera, demersal y mesopelágica a lo largo del año.

Sánchez-Velasco *et al.* (2013), en la región norte del GC analizaron el hábitat de las larvas de peces durante el inicio de un giro ciclónico, en el cual identificaron cuatro hábitats caracterizados como 1) *zona de alta salinidad* dominado por especies demersales costeras, 2) *zona de mezcla por marea* con la mayor riqueza de especies como: *Opisthonema sp.*, *Anisotremus davidsonii*, y *Eucinostomus dowii*, 3) *zona profunda* con alta dominancia de *Etropus crossotus* y 4) *porción profunda* dominada por *Shpyraena sp.* y *Benthoosema panamense*. Los autores concluyeron que debe tenerse cautela al predecir que los patrones de distribución de riqueza y organización de los ecosistemas se basa en estructuras oceanográficas de mesoescala.

Las investigaciones descritas anteriormente, se realizaron mayormente en la región central y norte, y algunas en el sur del GC según el criterio de zonas propuesto por Lavín y Marinone (2003). Por lo que la conocida como zona de entrada del GC reúne sustancialmente pocas investigaciones. El área de estudio del presente trabajo está incluida en la entrada del GC, y lo anterior representa el marco de referencia para los trabajos realizados en la zona oceánica, plataforma continental y áreas insulares de Nayarit.

### **2.3. La ictiofauna en Nayarit**

Entre los estudios pioneros, destacan investigaciones exploratorias que documentaron por primera vez la ictiofauna en los ambientes marinos en la costa de Nayarit, como la obra de Greenfield *et al.* (1970). En su trabajo examinaron durante dos años consecutivos la ictiofauna presente en la Isla de Jaltemba, lugar con una alta diversidad ictiofaunística y coralina. Las familias mejor representadas fueron peces de la familia Sciaenidae, Ariidae y Pomacentridae. Décadas después



surgieron estudios realizados en los sistemas insulares de Islas Marietas (SEMARNAT, 2007), Isla Isabel (Galván Villa *et al.*, 2010) y recientemente en Islas Marías (Erisman *et al.*, 2011), los cuales recopilan inventarios sobre la ictiofauna local.

Otros ecosistemas estudiados en el litoral, fueron abordados por Álvarez-Rubio *et al.* (1984) quienes trabajaron en el sistema lagunar costero Teacapan-Agua Brava. En su estudio, registraron 76 especies de peces, de las cuales 18 tipifican la comunidad en toda el área y durante todo el año. Algunas de las especies dominantes fueron: *Achirus mazatlanus*, *Centropomus robalito*, *Elops affinis*, *Mugil curema*, *Gerres cinereus* entre otras. Describieron que el sistema es utilizado como zona de alimentación, protección y crianza para algunas especies de la familia Lutjanidae y Carangidae. El mismo sistema lagunar fue investigado durante dos años consecutivos por Amezcua-Linares *et al.* (1987), quienes registraron 32 especies de peces, y señalaron que las especies presentaron fluctuaciones anuales de acuerdo a la dinámica ambiental, la localidad muestreada y la selectividad en el arte de pesca, así como otros factores bióticos como la disponibilidad de alimento.

Estudios más recientes en lagunas costeras fueron abordados por Benítez-Valle *et al.* (2007) quienes trabajaron en el estero Custodio, y documentaron la variación en la estructura comunitaria de peces. En su trabajo registraron 30 especies de las cuales la mayor abundancia fueron de *Mugil cephalus* y *Centropomus robalito*.

Por otro lado, García-Ramírez y Lozano-Vilano (1992) elaboraron una lista ictiofaunística con especies registradas de diferentes localidades de la entidad, la plataforma continental, y las Islas Marías. Fueron registradas un total de 149 especies de las cuales 28 no pudieron identificarse y 67 fueron considerados nuevos registros para Nayarit.

Cabe resaltar, que el primer estudio de ictioplancton llevado a cabo indirectamente en la costa de Nayarit fue realizado por Acal y Corro-Espinosa (1994), en su trabajo realizaron arrastres superficiales en la plataforma continental de Nayarit. Ellos registraron una alta abundancia de larvas de *Opisthonema spp.*, durante el verano

en la zona norte, mientras que una abundancia similar se registró en la zona media y sur del Estado, pero durante el invierno.

Con relación a los estudios de larvas de peces en lagunas costeras, Navarro-Rodríguez *et al.* (2006, 2015) analizaron la variación estacional de la abundancia y composición de larvas de peces en la laguna El Quelele, al sur de la entidad, donde registraron cambios en la composición y abundancia de larvas de peces en relación a la marcada estacionalidad (cambios en la temperatura y salinidad superficial), así como por condiciones de marea.

En relación con otros estudios sobre el ictioplancton de la región en zonas oceánicas, destaca el trabajo de León-Chávez *et al.* (2010) en el cual relacionaron las asociaciones de larvas de peces con las masas de agua del Pacífico Oriental Tropical durante periodos anuales e interanuales. Los autores registraron cuatro asociaciones: la 1) *transicional*, con la menor abundancia y dominado por especies mesopelágicas tropicales como *Vinciguerria lucetia* y *Diogenichthys laternatus.*, la 2) *oceánicas costeras* encontrado en Cabo Corrientes, con la mayor abundancia de larvas y dominada por *Bregmaceros bathymaster.*, la 3) *Tropical A* asociada a agua tropical superficial, durante el otoño-invierno y caracterizado por la mayor riqueza, abundancia y dominancia de especies como *D. laternatus* y *Auxis spp.*, y la 4) *Tropical B*, distinguida por la mayor abundancia de *V. lucetia*, presente solo en otoño, y asociado a la circulación anticiclónica del agua superficial tropical.

Dentro de las aportaciones más recientes que describen la distribución tridimensional del ictioplancton en la región, Davies *et al.* (2015) registraron un total de 61 taxones en tres diferentes hábitats larvarios. Uno en la 1) *capa superficial oxigenada*, por encima de 60 m de profundidad que presentó el dominio de especies epipelágicas como *Anchoa spp.*, otro hábitat 2) *por debajo de la termoclina*, entre 60 y 80m de profundidad dominado por especies mesopelágicas como *Vinciguerria lucetia*, y un tercero en la 3) *capa anóxica*, por debajo de 80 m que presentó la mayor riqueza y abundancia de larvas de *Bregmaceros bathymaster*. Los resultados indicaron que la zona mínima de oxígeno influyó sobre la composición y distribución de las asociaciones de larvas de peces.

Por otro lado León-Chávez *et al.* (2015) generaron información sobre la distribución del ictioplancton y su relación con diferentes escalas de circulación (mesoescala, estacional e interanual). Registraron tres diferentes hábitats larvarios que variaron en la composición de especies, el 1) *Hábitat tropical* caracterizado por una alta riqueza y dominancia de *Vinciguerria lucetia*, *Diogenichthys laternatus*, y *Diaphus pacificus* y relacionado a cambios estacionales, el 2) *Hábitat transicional* de la Corriente de California dominado por *V. lucetia* y *D. laternatus*, con poca riqueza y abundancia de especies, y el 3) *Hábitat costero y surgencias*, dominado por *Bregmaceros bathymaster* asociado principalmente a la actividad de mesoescala, inducidos por remolinos y surgencias costeras. Éstos autores concluyen que las escalas ambientales, anuales e interanuales de mesoescala afectan la composición y extensión de los hábitats del ictioplancton en la región.

Finalmente, una de las contribuciones más recientes, localizada en la zona de estudio, permitió conocer la distribución de la biomasa del zooplancton sobre en la plataforma continental de Nayarit (Inda-Díaz *et al.*, 2013), presentando una posible relación entre la distribución de esta y los frentes de pluma de río incluyendo las larvas de peces.

Lo anterior constituye un marco de referencia importante para el análisis de los procesos físico-biológicos que estructuran las asociaciones de larvas de peces en la región de estudio.

#### *Preguntas de investigación*

¿La pluma del río Santiago y su frente representan un hábitat diferente para las comunidades de larvas de peces a pesar de su pequeña escala espacial y su alta variabilidad temporal?

¿Cuál es la importancia ecológica de esta estructura hidrográfica en términos de riqueza de especies de larvas de peces, afinidad, hábitos?

Al ser los frentes de pluma de río estructuras hidrográficas permanentes y conspicuas en la costa de Nayarit, ¿estarán fungiendo como una barrera

hidrográfica que separe diferentes hábitats de larvas de peces incluyendo a los sistemas insulares?

¿Los atributos hidrográficos particulares de las Islas y el agua adyacente a estos sistemas en la costa de Nayarit, permiten el asentamiento de distintas asociaciones de larvas de peces?

### **3. HIPÓTESIS**

Al ser el frente y pluma del río Santiago estructuras hidrográficas permanentes y conspicuas que promueven la formación de ambientes adecuados para el desarrollo larval se espera que:

- Existan distintas asociaciones de larvas de peces fuera de la pluma, sobre el frente y dentro la zona de influencia de la pluma del río Santiago.
- Las asociaciones fuera y sobre el frente incluyan especies de las islas.

### **4. OBJETIVOS**

#### **4.1. Objetivo general**

Conocer la estructura comunitaria de las larvas de peces y su relación con las variables ambientales sobre el frente y pluma del río Santiago, y la Isla Isabel, Isla del Coral e Islas Marietas, Nayarit, al final del estiaje de 2017.

#### **4.2. Objetivos particulares**

- Caracterizar el ambiente físico del frente y pluma del río Santiago.
- Determinar la distribución espacial del zooplancton en el frente y pluma del río Santiago e Isla Isabel, Isla del Coral e Islas Marietas.
- Determinar la estructura de la comunidad de larvas de peces en el frente y pluma del río Santiago, Isla Isabel, Isla del Coral e Islas Marietas.
- Determinar la relación entre las variables ambientales y estructura de la comunidad de larvas de peces del frente y pluma del río Santiago.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. Área de estudio

#### *Fisiografía*

La característica que presenta el litoral de Nayarit frente al Pacífico Central mexicano difiere entre regiones dentro de la entidad, producto de las provincias fisiográficas que confluyen dentro del Estado (INEGI, 2000). La zona norte presenta amplias extensiones de playas arenosas que se extienden por decenas de kilómetros sobre la línea de costa (González-García *et al.*, 2009). Mientras que la región centro-sur está dominada por playas rocosas y en menor medida por playas arenosas (INEGI, 2000). Cuenta además con una extensa plataforma continental que se extiende a 50 km mar adentro (Curry y Moore, 1963).

#### *Islas*

Isla Isabel. Es de origen volcánico y cuenta con rasgos fisiográficos diferenciales que incluyen rocas expuestas con pendientes abruptas y altitudes variables, así como acantilados, pequeñas bahías, caletas y playas arenosas semi-protegidas al igual que playas rocosas con pendiente moderada y pozas de marea (Galván-Villa *et al.*, 2010). El agua de mar alrededor de la isla se considera oligotrófica, con temperatura que oscila anualmente de 26 a 29°C (Rodríguez-Zaragoza *et al.*, 2011). Presenta estructuras coralinas de distintos grupos taxonómicos e ictiofauna local asociada a la Provincia Panámica (Galván-Villa *et al.*, 2010).

Isla del Coral. Está localizada en la región marina de Compostela, dentro de bahía de Jaltemba (INEGI, 2018), cuenta con acantilados expuestos, playas rocosas con pendiente moderada, pozas de marea y playa arenosa. El promedio mensual de la temperatura varía de 23.3 a 30 °C y el agua de mar alrededor de la isla presenta alta transparencia (Carriquiry y Reyes-Bonilla, 1997). Cuenta con arrecifes rocosos e ictiofauna local asociada a la Provincia Panámica.

Islas Marietas. Se ubican en la región marina que forma parte de la Sierra Madre del Sur, en el sistema marino de Bahía de Banderas (INEGI, 2000). Su composición fisiográfica es de tipo llanura de lomas, con un suelo rocoso aluvial (SEMARNAT, 2007). El conjunto consiste en dos islas nombradas como “Larga” y “Redonda”,

ambas cuentan con rocas superficiales circundantes y varios bajos rocoso-arenosos, cuyas características definen el sistema como un archipiélago (SEMARNAT, 2007). La temperatura superficial del agua de mar promediada oscila entre 24 °C en invierno y 30 °C en verano y la transparencia medida con disco de Secchi presenta cambios estacionales entre 3 y 9 m (SEMARNAT, 2007). Cuenta con estructuras coralinas en agregaciones e ictiofauna local asociada a la Provincia Panámica (SEMARNAT, 2007).

#### *Ubicación del área de estudio*

El área de estudio forma parte de la plataforma continental de Nayarit, con una longitud aproximada de 125 km y un ancho de 50 km, distribuidos entre Isla Isabel el frente de pluma de río frente a San Blas, e Islas Marietas y entre los 21.9° y 20.7° norte, -105.3° y -105.5° oeste (Figura 1).

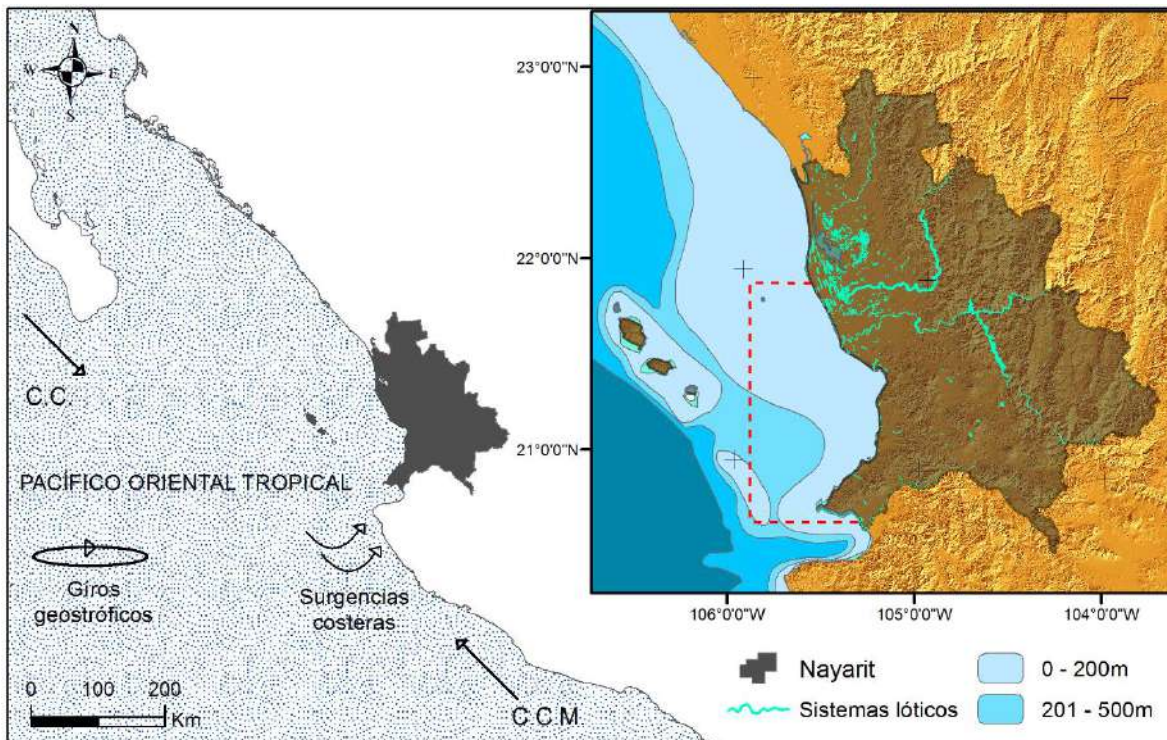


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio en la costa de Nayarit (líneas en rojo) y corrientes presentes en el Pacífico Oriental Tropical: Corriente de California, Corriente Costera Mexicana.

## 5.2. Obtención de datos

### 5.2.1. Diseño y sitios de muestreo

Las muestras biológicas y datos físicos fueron obtenidos en dos muestreos durante mayo y junio de 2017: (a) estaciones sobre el frente y pluma del río Santiago cuyo sitio se denominó como 'Frente', (campaña oceanográfica PROFRENTES-02), y (b) estaciones en Isla Isabel, Coral y Marietas durante junio de 2017 nombradas como 'Islas', en sitios que se denominan de manera homónima 'Isla Isabel', 'Isla del Coral' e 'Islas Marietas'.

*Frente.* Las estaciones de muestreo sobre el frente y pluma de río durante mayo de 2017 fueron elegidas *in situ* con base en la posición y extensión de la pluma y el frente mismo, basados en variables físicas obtenidas en tiempo *cuasi* real, y en las propiedades ópticas del agua y de estratificación la columna de agua. Para estimar el dominio de la pluma del río Santiago y la influencia del frente, se realizó *a posteriori* una interpretación visual de dos imágenes Sentinel Level-2A cercana a la fecha de muestreo. La descarga de las imágenes se realizó desde la página de la Agencia Espacial Europea-Copernicus Open Acces Hub: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>, previo registro. Para discriminar visualmente la superficie del área de estudio, se generó una combinación de bandas en falso color verdadero con las bandas 4 (rojo), 3 (verde) y 2 (azul), las cuales cuentan con una resolución espacial de 10 m/px, donde se clasificaron tres zonas (Figura 2).



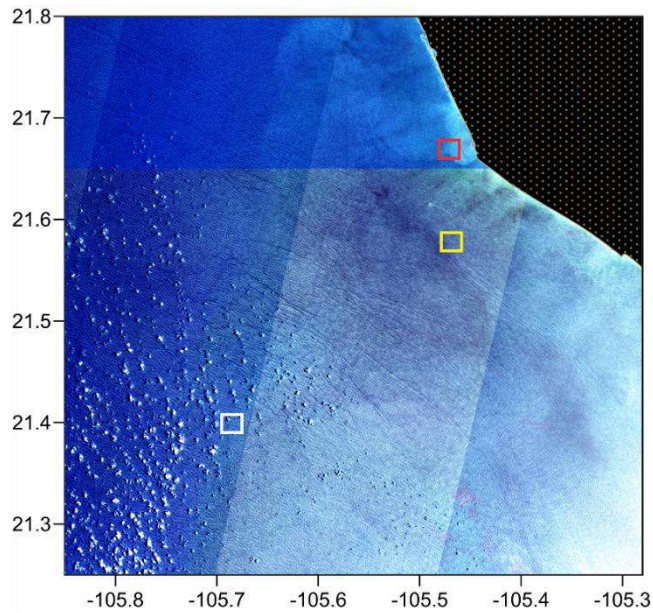


Figura 2. Imagen satelital de mayo 2017 en sitio de muestreo nombrado frente: (rojo) pluma del río Santiago; (amarillo) frente y (blanco) fuera del frente.

Durante el muestreo en campo, se determinaron estaciones fuera de la pluma, sobre la zona de acumulación de material flotante del frente y dentro de la zona de influencia de la pluma del río Santiago. La posición de las estaciones del sitio 'Frente' se muestra en la (Figura 3).

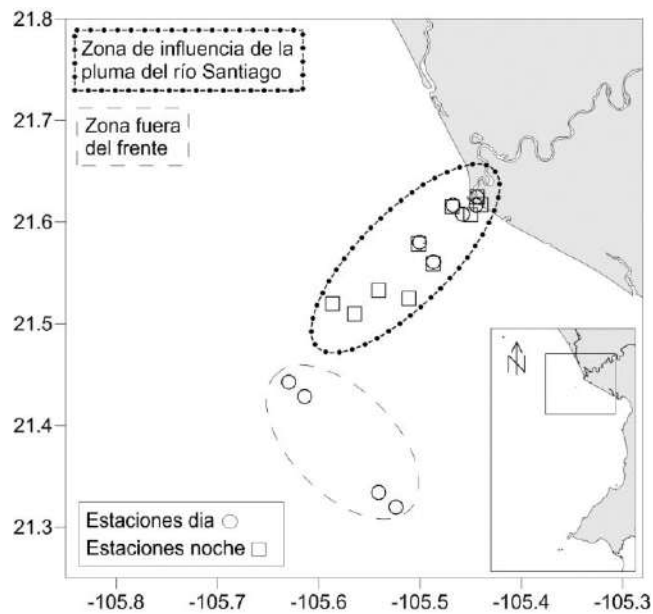


Figura 3. Estaciones de muestreo en el frente durante mayo 2017.

Se consultó el pronóstico de mareas del CICESE (2019) para la zona de San Blas de donde se identificaron condiciones de bajamar y pleamar durante el día, y bajamar durante la noche en la fecha del muestreo.

*Islas.* En los sitios de muestreo de las islas ('Isla Isabel', 'Isla Coral' e 'Islas Marietas') se seleccionó convencionalmente una estación en cada punto cardinal de cada isla (norte, sur, este y oeste) nombrándolas: Isla Isabel Norte (IINTE), Isla Isabel Sur (IISUR), Isla Isabel Este (IUEST), Isla Isabel Oeste (IIOES), Isla Coral Norte (ICNTE), Isla Coral Sur (ICSUR), Isla Coral Este (ICEST), Isla Coral Oeste (ICOES), Islas Marietas Norte (IMNTE), Islas Marietas Sur (IMSUR), Islas Marietas Este (IMEST), Islas Marietas Oeste (IMOES). Con la finalidad de obtener muestras representativas de todos los ambientes alrededor de las mismas se realizaron arrastres superficiales perpendiculares a cada punto cardinal, incluyendo lugares de acumulación de material flotante (Figura 4).

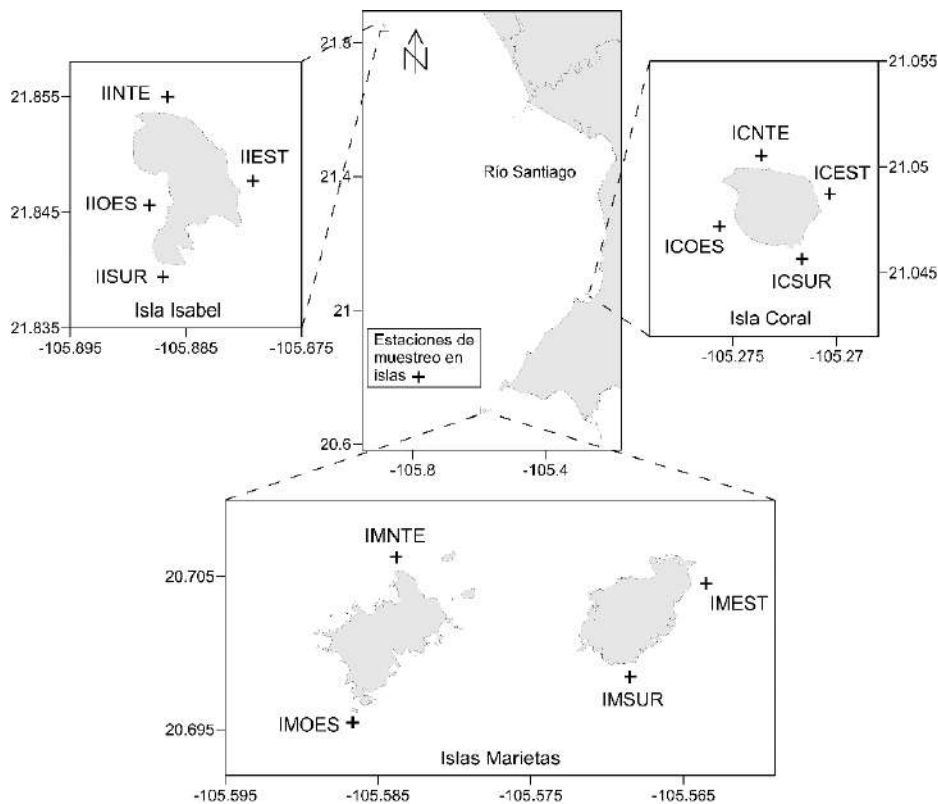


Figura 4. Sitios de muestreo en Isla Isabel, Isla del Coral e Islas Marietas junio 2017.

### 5.2.2. Variables ambientales

Las variables ambientales (temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto, fluorescencia y turbidez) en el muestreo sobre el frente fueron tomados con un CTD *Sea Bird 911plus* a bordo del barco “Don Emilio M. González” durante la campaña oceanográfica PROFRENTES-02, y fueron proporcionados por el proyecto de ciencia básica Conacyt ‘Procesos físico-biológicos en frentes de pluma de río del Pacífico Mexicano’ CB-2014-241916.

La construcción de mapas que muestran la distribución de las variables ambientales se realizó con el *software Surfer 13*, y su interpolación mediante el método de Kriging.

En los análisis exploratorios de las variables ambientales se tomó en cuenta el promedio de los primeros dos metros y su agrupación se realizó mediante distancias Euclidianas donde se realizó el corte al 3.6 (Clarke *et al.*, 2014), para visualizar espacialmente la agrupación de las estaciones, considerada como una prueba que se enfoca en preservar solo el orden del rango de las similitudes en un número de dimensiones.

Se calculó un modelo lineal basado en distancias (Distance Based Linear Model DistLM) obtenido a partir de la matriz de las variables ambientales (estandarizada). Esta técnica consiste en un análisis simultáneo que extrae toda la varianza de la matriz de datos y puede encontrar las mejores combinaciones lineales de las variables ambientales registradas para caracterizar un hábitat y en la cual se obtiene la salida gráfica dbRDA (Anderson *et al.*, 2008).

La caracterización del medio físico oceánico se realizó mediante el criterio que define Portela *et al.* (2016) en base a los límites de las termohalinas de TEOS-10 para las latitudes del área de estudio.

### 5.2.3. Muestreo del material biológico

Para obtener muestras del zooplancton, en todos los sitios de muestreo se realizaron arrastres superficiales y de fondo con redes cónicas de boca circular de 50 cm con luz de malla de 500  $\mu\text{m}$ , con duración de cinco minutos, a una velocidad de 2.5 nudos, siguiendo la metodología recomendada por Smith y Richardson (1979). A la red se le colocó un flujómetro para calcular el volumen de agua filtrada, y cada muestra se fijó en formaldehído al 4% amortiguado con borato de sodio. El zooplancton se estimó mediante la técnica de desplazamiento de volumen (Kramer *et al.*, 1972) siendo estandarizado a mL/1000  $\text{m}^3$  mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Zooplancton (mL/m}^3\text{)} = \text{volumen de la muestra (mL)} \times 1000 / \text{volumen filtrado (m}^3\text{)}$$

Las larvas de peces fueron separadas de las muestras obtenidas y contadas manualmente, posteriormente se estandarizó su abundancia a 10  $\text{m}^2$  (Smith y Richardson 1979), mediante la siguiente ecuación:

$$\text{No. de larvas } 10\text{m}^2 = (\text{Numero de larvas}) \times (\text{Profundidad real m}) \times 10 / \text{Volumen de agua filtrada m}^3$$

Para determinar la normalidad en la distribución de los datos de biomasa de zooplancton y abundancia de larvas de peces se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov, y se determinó que la distribución fue no-normal, en todos los casos.

Para determinar si existieron diferencias significativas en la concentración del zooplancton y abundancia de larvas entre el día y noche, así como entre los arrastres de superficie y fondo, se utilizó la prueba discriminante ANOSIM, la cual hace una comparación entre réplicas, ya sea por condición, tiempo o sitios (Clarke *et al.*, 2014).

Las larvas fueron identificadas al mínimo nivel taxonómico posible, con base en características merísticas, morfométricas y de pigmentación mostradas en las descripciones de guías especializadas, tales como: Ahlstrom (1984), Matarese *et al.* (1989), Fisher *et al.* (1995), Moser (1996), Nelson (2006), Richards (2006), Baldwin (2013). Así como los trabajos de Flores-Coto *et al.* (1998), Jiménez-Rosenberg (1998), Jiménez-Rosenberg *et al.* (2003, 2006), Avendaño-Ibarra (2003), Ortíz-

Galindo *et al.* (2008), MedSudMed (2011), González-Navarro *et al.* (2013) y el apoyo del M. C. Saldierna-Martínez.

Adicionalmente, las larvas que no fueron identificadas a nivel de especie o que no se encuentran descritas en la literatura científica, fueron clasificadas como unidades taxonómicas independientes (morfotipos) de su respectivo género o familia de acuerdo a las características merísticas y de pigmentación.

Los taxones registrados fueron enlistados siguiendo la nomenclatura y orden taxonómico propuesto por Froese y Pauly (2018), adicionalmente se integró información de cada especie sobre su hábitat adulto, ambiente, y afinidad zoogeográfica mediante el criterio de Moser (1996) y Froese y Pauly (2018).

A las larvas identificadas les fue establecida su fase de desarrollo siguiendo el criterio de Ahlstrom *et al.*, (1984):

- *Vitelina*, larvas que presentan saco vitelino en la región abdominal, la boca aún no se encuentra formada, ojos generalmente no pigmentados, presentan esbozos de aletas pectorales.
- *Preflexión*, larvas que ya no presentan saco vitelino, esta fase finaliza con la flexión inicial de la notocorda.
- *Flexión*, larvas en las que la parte distal de la notocorda se flexiona y empiezan a formarse los elementos hipurales y parahipurales.
- *Postflexión*, larvas en las que la notocorda se presenta completamente flexionada, los elementos hipurales presentan mayor osificación, y los radios de la aleta caudal ya están definidos.
- *Transformación*, adquisición de caracteres adultos, aparición de escamas, presencia de aletas parcial o totalmente desarrolladas.

A partir de los datos recabados en campo se elaboró una base de datos que integró la información obtenida del zooplancton, taxón, abundancia de larvas estandarizada 10m<sup>2</sup> por fases de desarrollo, así como las variables ambientales.

Con la finalidad de determinar si el esfuerzo de muestreo fue suficiente para representar la riqueza de especies de larvas de peces en el área de estudio se utilizó el estimador no paramétrico Jackknife 1, basado en el número de especies por unidad de muestra, ésta técnica reduce la subestimación del verdadero número de especies en una comunidad (Moreno, 2001).

#### *5.2.4. Composición de especies por hábitat*

Para la determinación de las asociaciones de larvas de peces por hábitat planctónico y especies que caracterizaron a cada grupo, se realizó una matriz de datos que contenía las estaciones que fueron elegidas *a priori* (e.g. Sánchez-Velasco *et al.*, 2012, 2013; León-Chávez *et al.*, 2015), así como el nombre de la especie y su abundancia estandarizada 10m<sup>2</sup>. Los datos se transformaron a raíz cuarta para disminuir los picos de variabilidad y su influencia matemática en las especies abundantes, dicha técnica tiende a homogenizar la varianza (Field *et al.*, 1982; Clarke *et al.*, 2014).

En los análisis exploratorios de los datos biológicos se tomaron en cuenta todos los taxones, y todas las muestras, y se aplicó el índice de similitud de Bray-Curtis y se realizó un primer análisis Cluster con ligadura doble, conocido como de agrupamiento con el *software* Primer-E (Anderson *et al.* 2008) en el cual se realizó el corte de similitud al 0% para obtener un dendrograma donde se corroboró que el sistema de las Islas estaba completamente separado del sistema del frente, por lo que sucesivamente se realizaron análisis por separado en cada sistema.

Para poder visualizar el arreglo espacial de las estaciones del sistema islas se realizó un n-MDS (Escalamiento Multidimensional no métrico) al 19 % con el *software* Primer-E (Anderson *et al.* 2008). En el sistema del frente se realizó un segundo análisis Cluster con ligadura doble y un corte al 21% con el *software* Primer-E (Anderson *et al.* 2008). Los grupos obtenidos fueron las asociaciones de larvas de peces.

Para describir la composición de especies de las asociaciones del frente y el porcentaje de contribución de cada una de ellas a la identidad de las mismas a cada

hábitat, se realizó un análisis SIMPER (Porcentaje de similitud), el cual corrobora la agrupación de las muestras elegidas a *priori* con el *software* Primer-E (Clark *et al.* 2014).

#### 5.2.5. *Relación entre variables ambientales y biológicas*

Esta sección metodológica incluye solamente el sistema del frente, en las islas no se obtuvieron variables ambientales, por lo que en dicho sistema el análisis queda limitado únicamente a variables biológicas anteriormente descritas.

Con la finalidad de relacionar las variables ambientales y las asociaciones de larvas de peces en el sistema frente, se utilizaron las matrices de abundancia de larvas de peces y datos ambientales (zooplancton, temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto, fluorescencia y turbidez).

Se calculó un modelo lineal basado en distancias a través de la prueba DistLM obtenido mediante el uso de la matriz estandarizada de la abundancia de larvas por especie y estación (transformada a raíz cuarta) y con las variables ambientales por estación de muestreo (estandarizada) con el *software* Primer-E. Esta técnica consiste en un análisis simultáneo que extrae toda la varianza de dos o más matrices de datos, que provee una descripción integrada de las especies por estación de muestreo y las variables ambientales. Se pueden encontrar las mejores combinaciones lineales de las variables ambientales registradas, las cuales responden a la variación de las especies por hábitat identificado (Anderson *et al.* 2008).

A estas combinaciones lineales se les denomina “ejes ambientales” donde, en la ordenación del diagrama las especies por hábitat son representadas por puntos y los parámetros ambientales por vectores, la longitud de dicho vector indica su importancia relativa y el ángulo de separación entre los ejes de ordenación y los vectores indican el grado de correlación (Anderson *et al.* 2008).

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Variables ambientales

#### 6.1.1. Variables ambientales horizontales en el frente y pluma del río Santiago

*Temperatura.* Se obtuvieron valores entre los 24.7 y 26.1 °C. La distribución espacial de esta variable indicó cambios reflejados principalmente entre el día (Figura 5a) y la noche (Figura 5b). Las estaciones fuera del frente no mostraron cambios, en comparación con aquellas ubicadas en la zona de influencia de la pluma, con excepción de la estación ubicada hacia el sur. Se observa además que durante el día la temperatura superficial es mayor que durante la noche, cuando los valores bajos registrados se relacionaron con el ingreso de agua con menor temperatura en la pluma del río Santiago durante la bajamar.

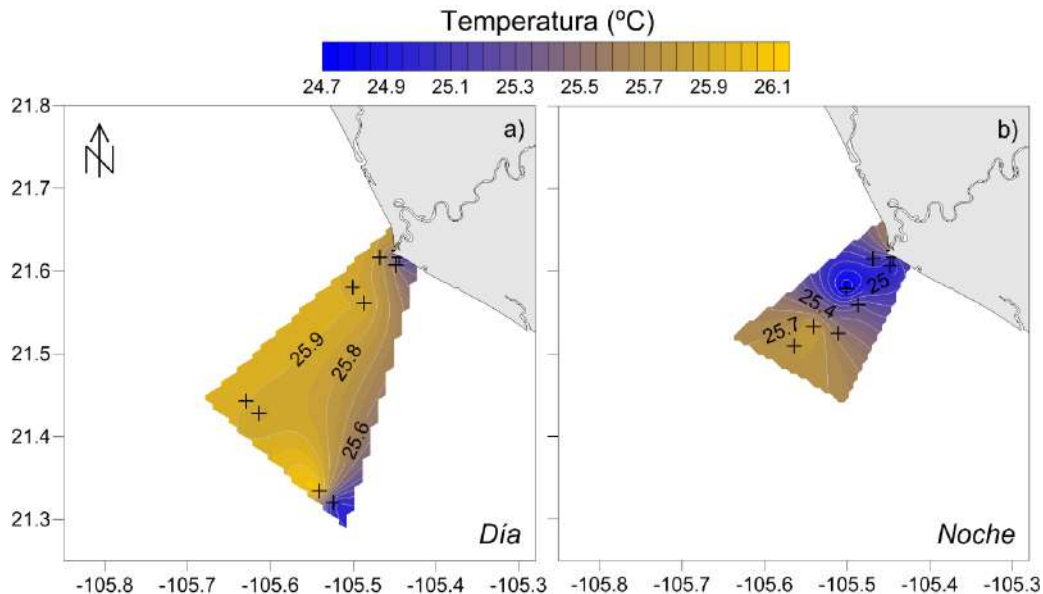


Figura 5. Distribución espacial de la temperatura superficial sobre el frente.

*Salinidad.* La salinidad presentó valores que van de 32.4 a 34.95. La variabilidad espacial durante el día refleja un gradiente que disminuye hacia la zona de influencia de la pluma y aumenta hacia estaciones fuera del frente (Figura 6a). Durante la noche, la zona de influencia de la pluma evidenció cambios mayores, al presentarse un gradiente amplio en sus valores y evidenciar la presencia de agua con menor



salinidad, pero se mantiene una cuña de agua con mayor salinidad cerca de estaciones en la pluma del río (Figura 6b).

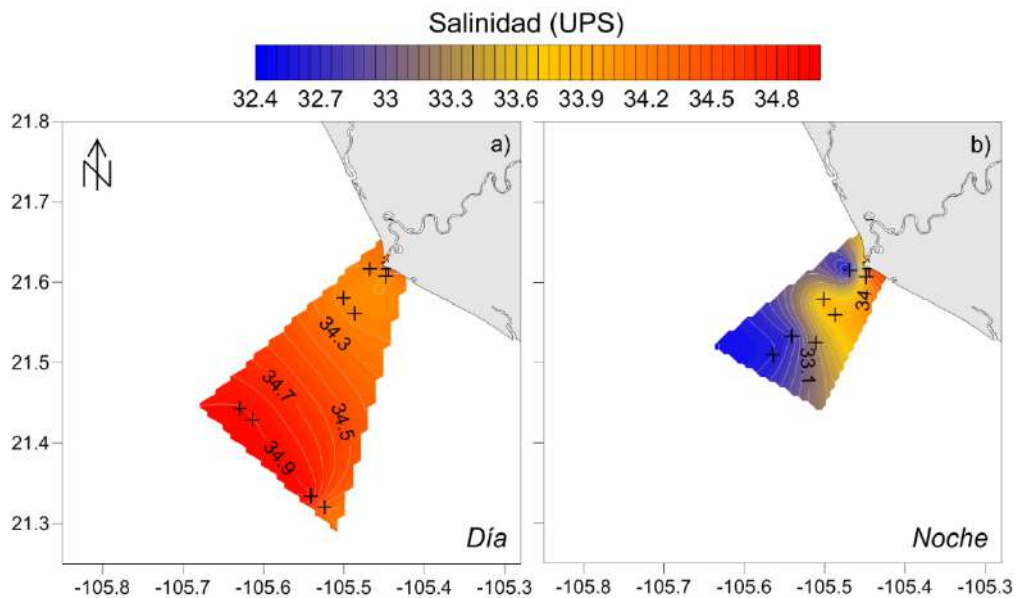


Figura 6. Distribución espacial de la salinidad superficial sobre el frente.

*Densidad.* Los valores registrados oscilaron entre 21.1 y 23.02 kg/m<sup>3</sup>, su distribución espacial es muy similar a la salinidad. Es decir, durante el día existió un gradiente que disminuye hacia la zona de influencia de la pluma y aumenta hacia estaciones fuera del frente (Figura 7a). Durante la noche, la zona de influencia de la pluma evidenció cambios mayores en la densidad, al presentarse modificaciones en la distribución espacial a través de la presencia de agua con menor densidad asociada al periodo de bajamar, y una cuña de agua de mayor densidad en estaciones de la pluma del río (Figura 7b).

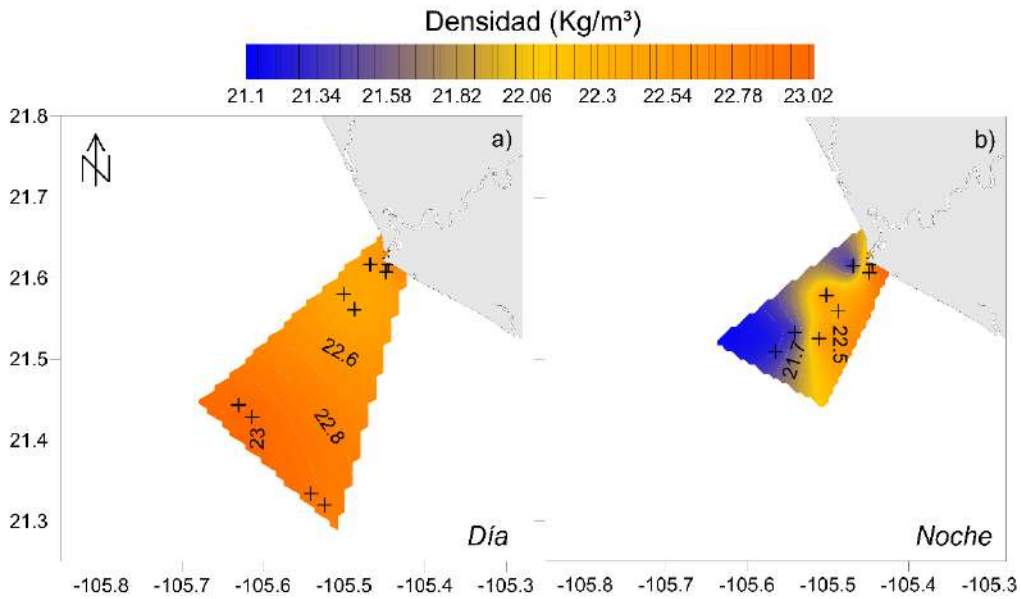


Figura 7. Distribución espacial de la densidad superficial sobre el frente.

*Oxígeno disuelto.* Esta variable presentó valores que van de 3.92 a 4.76 mg/L. Durante el día se observa que su distribución reflejó un patrón de distribución gradual, los cuales se representaron con valores altos en estaciones fuera del frente y disminuyeron en estaciones en la pluma del río (Figura 8a). Durante la noche, el patrón espacial fue el mismo, solo el gradiente más marcado (Figura 8b).

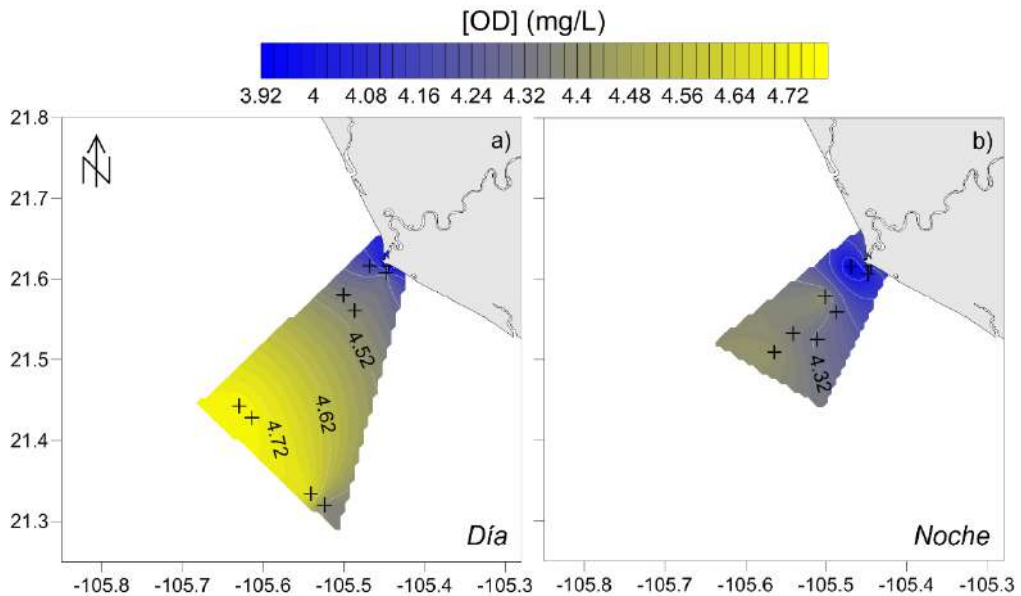


Figura 8. Distribución espacial del oxígeno disuelto superficial sobre el frente.

*Clorofila a*. Los valores fluctuaron entre 0.1 y 2.0 mg/m<sup>3</sup> y se observa que durante el día existen valores bajos en todas las estaciones muestreadas (Fig. 9a). Durante la noche, se evidenció la presencia de un núcleo con valores altos de clorofila principalmente en estaciones cercanas a la pluma del río, en agua influenciada por la descargas en la bajamar y disminuyeron gradualmente al alejarse de la pluma del río y zonas donde existió mayor densidad (Figura 9b).

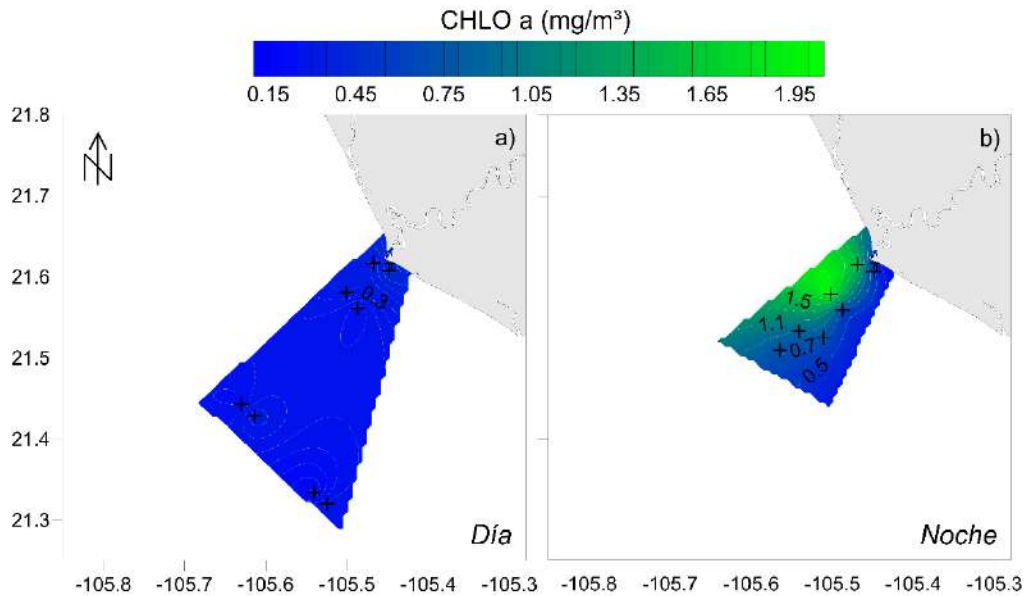


Figura 9. Distribución espacial de clorofila a superficial sobre el frente.

*Turbidez*. Los valores de esta variable fluctuaron entre 0 y 2.4 UNT. Durante el día, cuya distribución espacial fue cuasi homogénea, se observaron valores bajos en todas las estaciones (Figura 10a). No obstante, durante la noche se puede observar la presencia de valores altos asociados a estaciones bajo la influencia de la pluma del río, y disminuyen gradualmente en estaciones fuera de la pluma del río y con mayor densidad (Figura 10b).

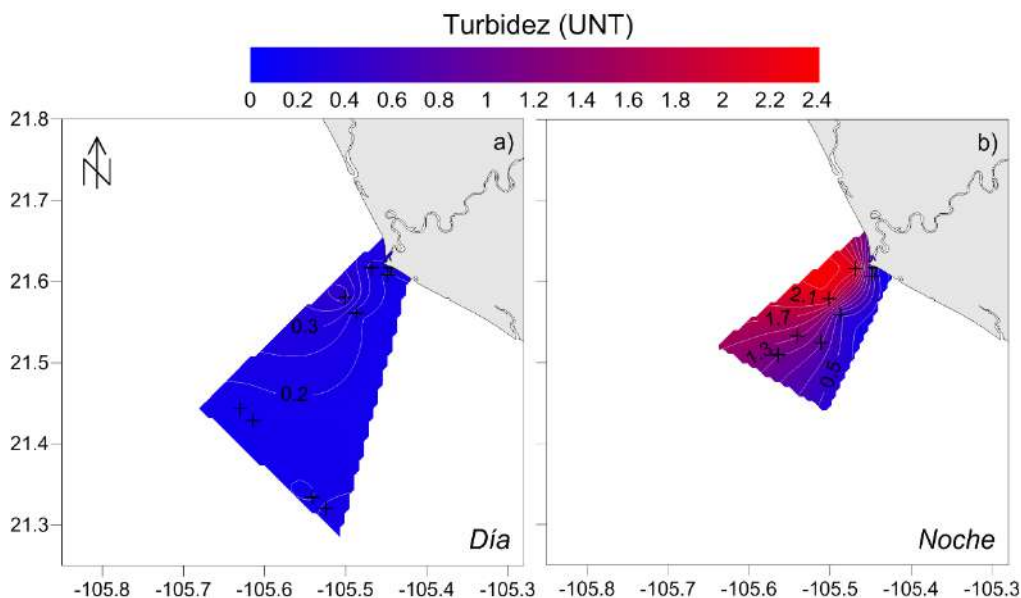


Figura 10. Distribución espacial de turbidez superficial sobre el frente.

### 6.1.2. Análisis de agrupamiento de variables ambientales en el frente

La siguiente sección muestra los resultados del análisis de agrupamiento de las estaciones basado en el promedio de 0-2 m de las variables ambientales. La prueba estadística confirmatoria DistLM permitió definir las variables ambientales que definen mejor los ambientes, como se correlacionan entre sí, y que a su vez explican el agrupamiento de estaciones significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ). Fueron determinados los siguientes ambientes: 1) *Oceánica*, estaciones influenciadas por presentar mayor OD y salinidad, baja clorofila y turbidez; 2) *Fuera de la pluma*, estaciones donde la mayor concentración de OD y temperatura se correlacionaron, y registró valores bajos del zooplancton. 3) *Dentro de la pluma*, ambiente definido principalmente por baja temperatura y OD y alta concentración del zooplancton; y 4) *Transición*, grupo menos compacto, al presentar amplia variabilidad en sus condiciones y correlación con la clorofila, turbidez y del zooplancton (Figura 11).

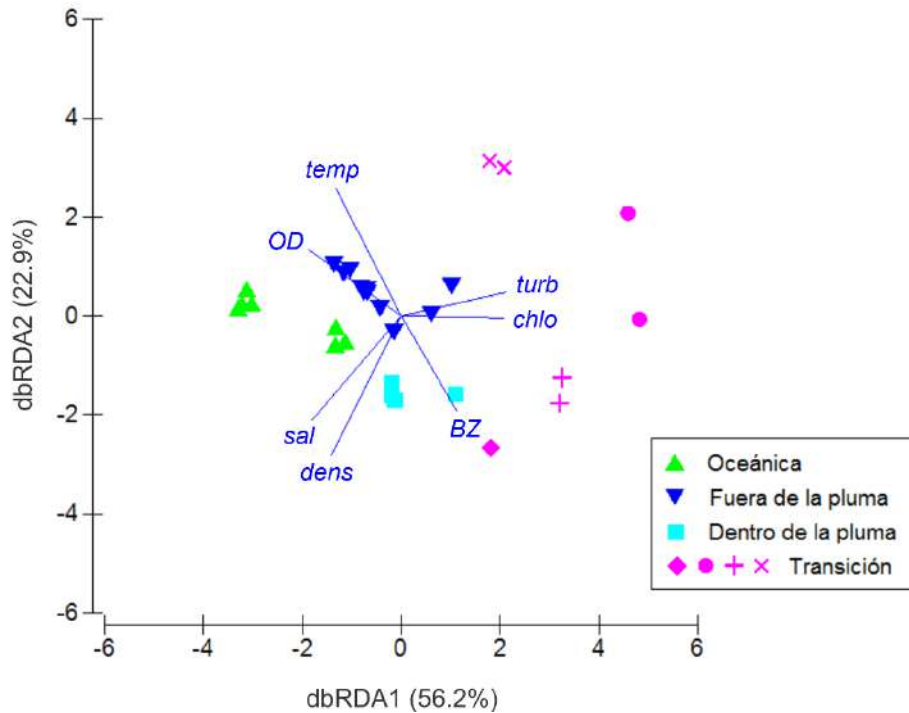


Figura 11. Diagrama dbRDA de las estaciones de muestreo en el Frente basado en la prueba Distance Based Linear Model. Temperatura (temp), Turbidez (turb), Clorofila a (Chlo), Biovolumen zooplanctónico (BZ), Densidad (dens), Salinidad (sal), Oxígeno disuelto (OD).

### 6.1.3. Estructura vertical de variables ambientales en el frente y pluma del río Santiago

Este apartado de resultados describe por medio de transectos lineales la distribución vertical de las distintas variables ambientales que fueron registradas en los lances de CTD realizados en la columna de agua, el frente y pluma del río Santiago, la batimetría sobre la plataforma continental del área de estudio, la cual está representada en achurado gris.

*Temperatura.* La isoterma de 25.5 °C en el transecto durante el día muestran (Figura 12a) un rompimiento superficial, la termoclina es estable en los primeros metros de la columna de agua en la zona profunda y disminuye en la zona somera de la pluma, donde se registró un frente térmico asociado a una parcela de agua con menor temperatura. Durante la noche, (Figura 12b) la isoterma de 24 °C aumentan el dominio en la zona superficial entre la segunda y tercer estación desde la costa y la misma isoterma se rompe en la superficie hasta la cuarta estación, lo que refleja

una mayor influencia de baja temperatura asociada a la pluma. Tanto en el día como en la noche la columna de agua se encuentra mezclada en su porción cercana a la costa, mientras exhibe una estratificación parcial en la zona más profunda del transecto.

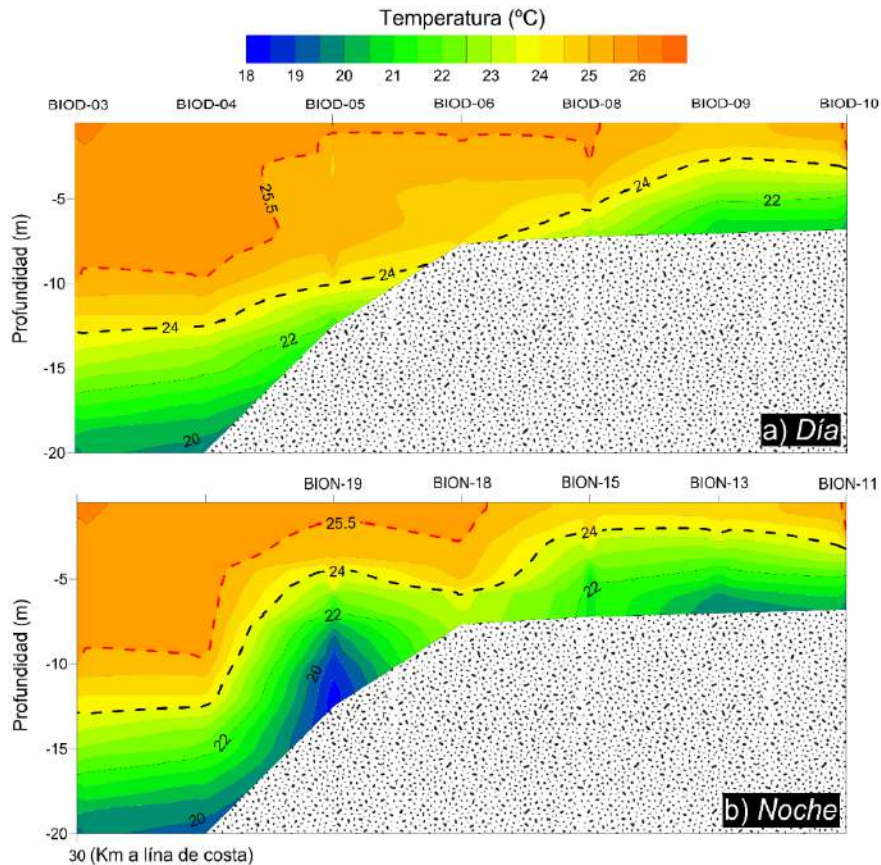


Figura 12. Distribución vertical de la temperatura sobre el frente y pluma del río.

*Salinidad.* Esta variable muestra en general un cambio gradual con menor salinidad en estaciones cercanas a la costa con mayor influencia de agua de la pluma, y una mayor salinidad hacia la zona oceánica. Puede observarse también la columna de agua mezclada del lado somero del transecto y una estratificación hacia la zona profunda (Figura 13a). Durante la noche, (Figura 13b) existió un núcleo de agua con menor salinidad en la isohalina de 34.3 proveniente del río Santiago, y abarcó la cuarta y quinta estación.

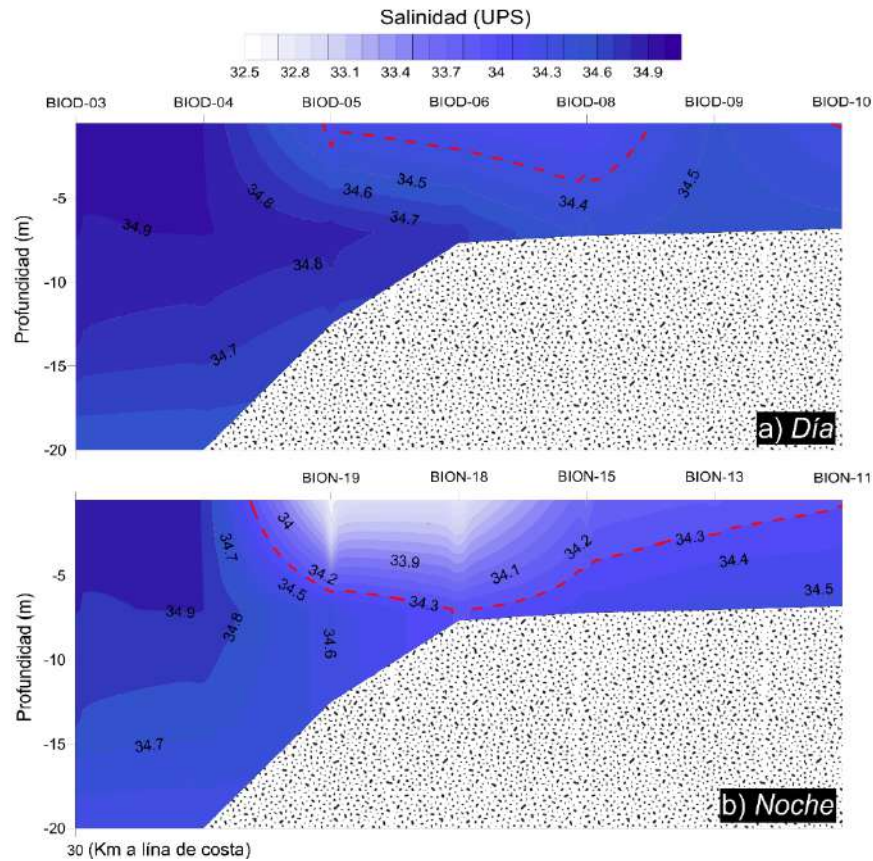


Figura 13. Distribución vertical de la salinidad sobre el frente y pluma del río.

*Densidad.* Esta variable en general presenta una variación discreta entre el agua superficial y el agua de las zonas más profundas y muestran una alta dinámica y mezcla en toda la zona. Durante el día (Figura 14a) se observa que la isolínea de  $22.8 \text{ kg/m}^3$  rompe entre la segunda y tercera estación, y la quinta y sexta estación, representando la influencia de los aportes del río en menor intensidad en comparación con la noche (Figura 14b), cuando el contraste de densidad es mayor y la misma isolínea rompe en la tercera y sexta estación.

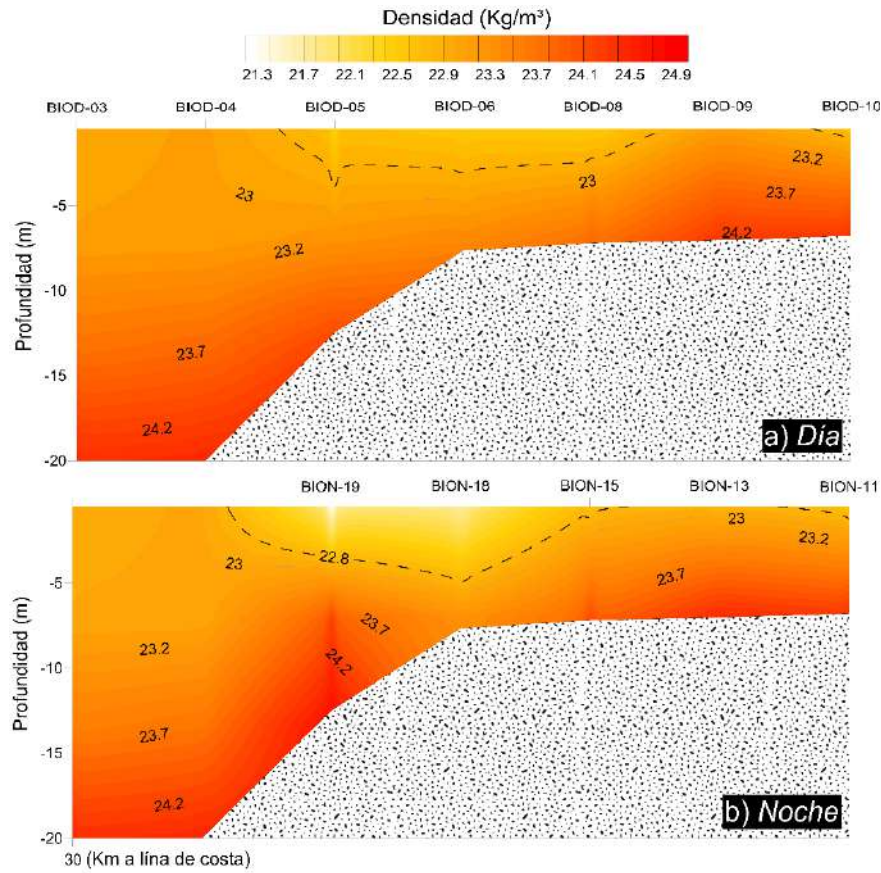


Figura 14. Distribución vertical de densidad sobre el frente y pluma del río.

*Oxígeno disuelto.* Se observa un patrón de distribución gradual de esta variable durante el día (Figura 15a), con influencia de agua con menor concentración cerca a la costa, así como en la zona profunda. Durante la noche (Figura 15a), la isolínea de 4 mg/L se rompe en la superficie en la cuarta estación, y muestra la columna de agua invadida por agua con menor oxígeno cerca a la costa, y se registró también un núcleo de agua con características similares más alejado de la costa, a la altura de la estación cinco.



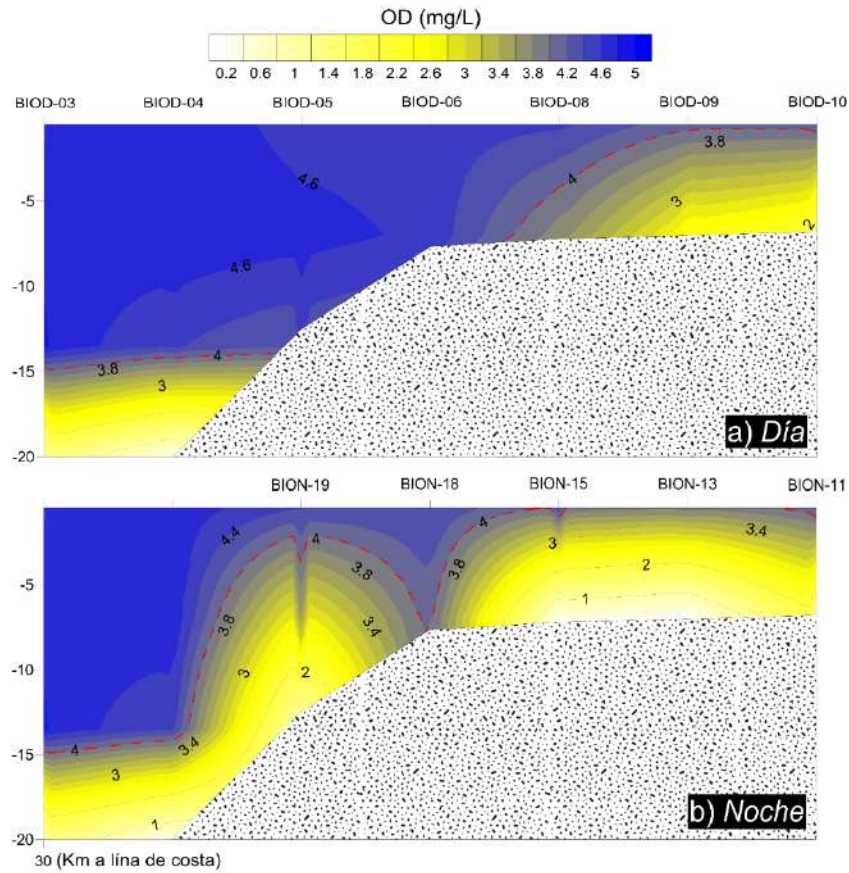


Figura 15. Distribución vertical del oxígeno disuelto sobre el frente y pluma del río.

*Clorofila a*. Esta variable presentó valores bajos prácticamente en todo el transecto durante el día, no obstante se muestra un núcleo de mayor concentración de Chl cercano al fondo en la zona de la pluma de río (Figura 16a). Durante la noche la isolínea de 2 mg/m<sup>3</sup> se extiende sobre el transecto y aumenta además la clorofila cerca al fondo (Figura 16b).

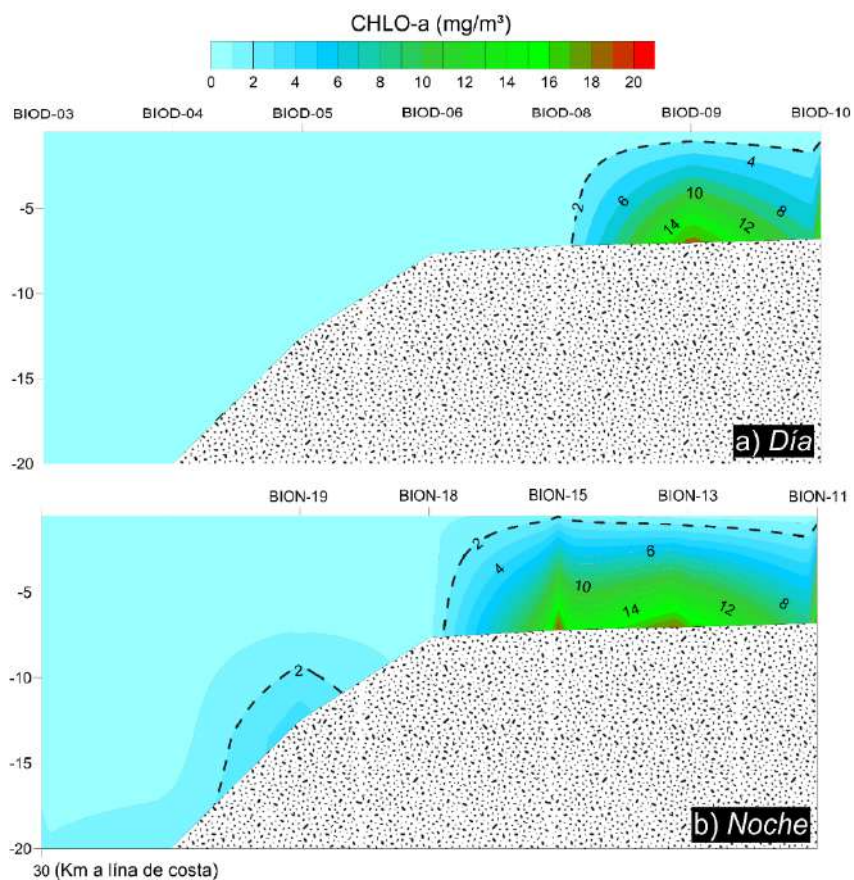


Figura 16. Distribución vertical de clorofila-a sobre el frente y pluma del río.

*Turbidez.* Al igual que la clorofila, durante el día la turbidez permanece con valores bajos casi en todo el transecto y aumentan gradualmente en estaciones cercanas a la pluma del río (Figura 17a). Durante la noche se evidenció la influencia de la pluma durante la bajamar, al mostrar cambios sobre la isolínea 0.5 UNT y aumentar su dominio en estaciones más alejadas de la costa (Figura 17b), producto del ingreso de partículas no disueltas en la zona de influencia del río Santiago con la forma típica de una pluma.

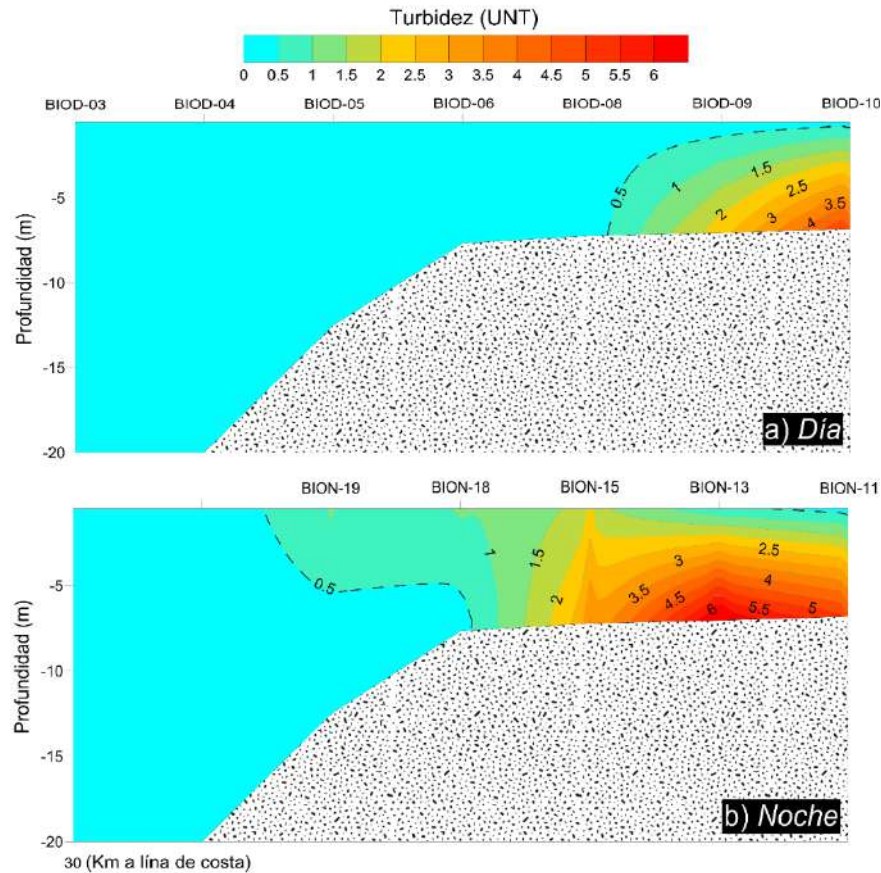


Figura 17. Distribución vertical de turbidez sobre el frente y pluma del río.

#### 6.1.4. Diagrama T-S

Esta sección de resultados incluye datos de temperatura y salinidad en la columna de agua en todas las estaciones muestreadas que permiten la caracterización de los tipos de agua que confluyen en la zona de influencia de la pluma del río Santiago, así como estaciones ubicadas fuera del frente. Los valores de salinidad oscilan entre 32.5 y 34.9 y los de temperatura entre los 15.5 y 26 °C. La profundidad que va de 1-60 m y se proyecta además la línea que expresa los valores de la densidad del agua  $\text{Kg/m}^3$ .

Estos resultados en conjunto, permiten observar las diferentes masas de agua presentes: Agua Subtropical Subsuperficial (StSsW), asociada a profundidades por debajo de los 30 m; Agua Superficial Tropical (TSW) principalmente en

profundidades que van de 1 a 5 m. También se muestra como las características termohalinas de un alto número de puntos que recaen en agua denominada Transicional (entre StSsW y TSW), cuyos valores de profundidad van de 1 a 29 m (Figura 12).

Pueden observarse tres dominios en la nube de puntos: hacia arriba a la izquierda agua de baja salinidad y temperatura, con puntos dispersos, que corresponden a la zona de la pluma del río Santiago, hacia arriba a la derecha agua de alta temperatura y mayor salinidad correspondiente a la zona oceánica, hacia abajo el agua profunda.

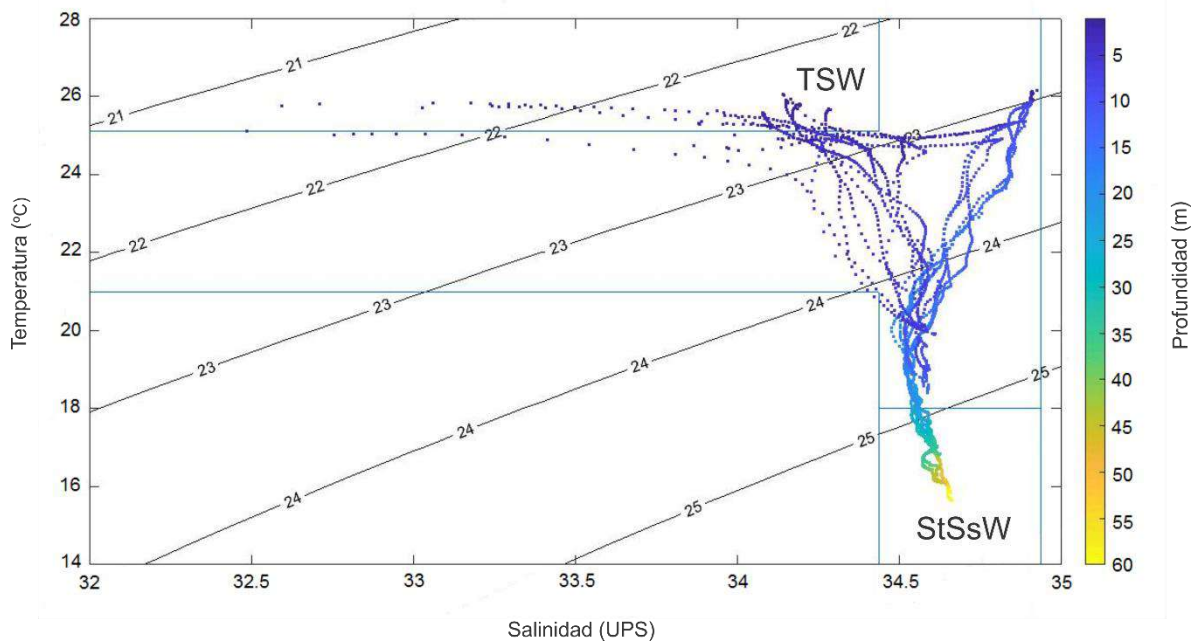


Figura 18. Diagrama T-S. Los acrónimos representan: Agua Subtropical Subsuperficial (StSsW), Agua Tropical Superficial (TSW).

## 6.2. Componente Biológico

### 6.2.1. Zooplancton frente

Se obtuvieron 30 muestras de zooplancton en el crucero PROFRENTES-02, durante junio del 2017 sobre el frente y pluma del río Santiago, de las cuales 12 fueron obtenidas a 2 m del fondo y 18 en superficie. La distribución espacial del zooplancton sobre el frente y pluma del río Santiago reflejó cambios considerables entre el día y la noche, pero un patrón de distribución constante.

La concentración durante el día fue de 1 a 400 mL/m<sup>3</sup>, los valores más altos se obtuvieron cerca a la desembocadura del río Santiago, mientras que disminuyen gradualmente al alejarse de la zona de influencia de la pluma de río (Figura 19a). Los valores obtenidos durante la noche, fueron substancialmente mayores de 1 a 3,100 mL/m<sup>3</sup>, los cuales presentaron valores altos cerca de la desembocadura del río Santiago y disminuyen también de manera gradual al alejarse a estaciones más distantes (Figura 19b). Cabe resaltar el núcleo de alta concentración de zooplancton cerca de la desembocadura del río Santiago y el aumento del mismo durante la noche. Adicionalmente, la comunidad del zooplancton estuvo representada por organismos pertenecientes a grupos de Copépodos, Apmphipodos, Quetognatos, Estomatópodos, entre otros.

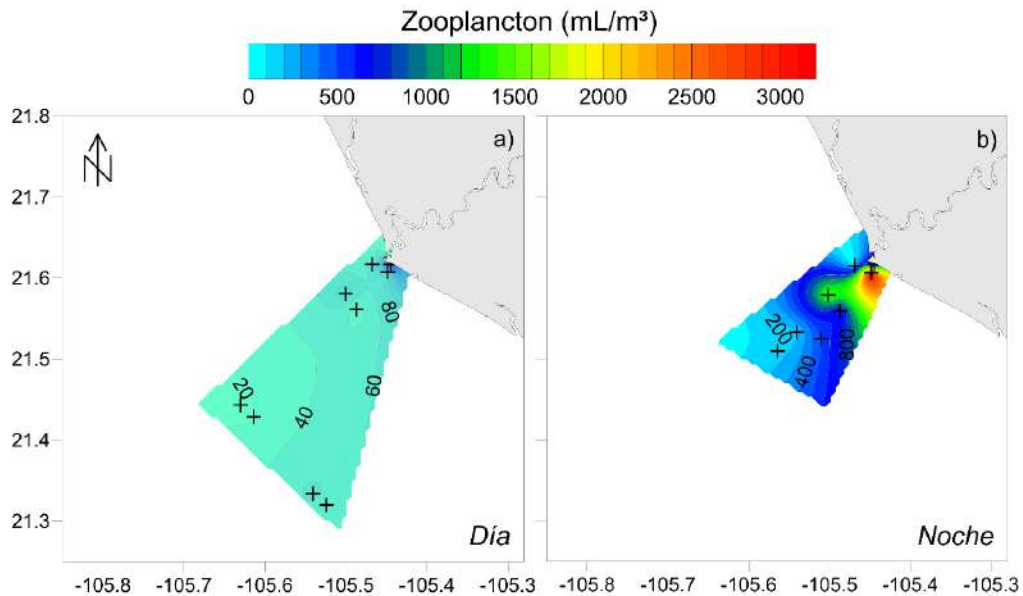


Figura 19. Distribución espacial del zooplancton sobre el frente.

Los resultados muestran además, que solo se registraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre la concentración del zooplancton de día y noche (Figura 20a), mas no entre superficie y fondo (Figura 20b).

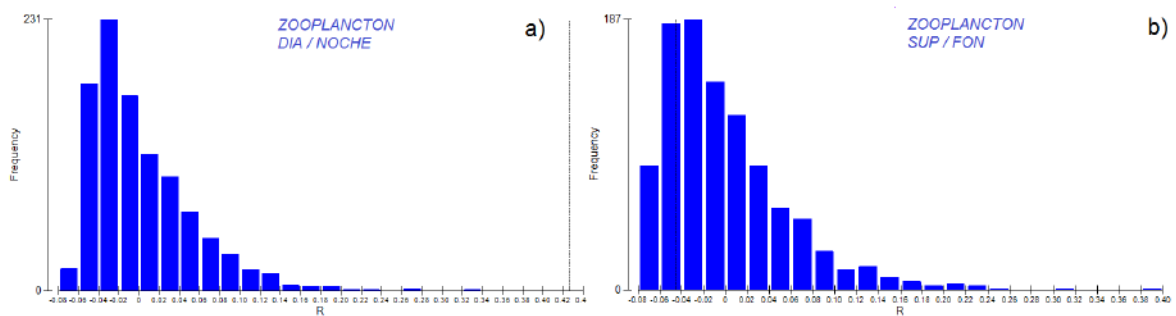


Figura 20. Prueba ANOSIM de los valores del zooplancton; a) día y noche y b) superficie y fondo.

### 6.2.1. Zooplancton Islas

Se obtuvieron un total de 12 muestras en superficie durante el día, cuatro en cada isla. La distribución del zooplancton presentó un rango diferente entre islas y

estaciones, es decir, los valores obtenidos difieren entre las islas de acuerdo a la posición y cara de cada una. El zooplancton obtenido en Isla Isabel e Isla del Coral fluctuó entre 12 y 361 mL/m<sup>3</sup> y la mayor agregación del zooplancton se concentró en ambas islas en la cara este. De manera general en Islas Marietas se registraron valores bajos del zooplancton entre 12 y 90 mL/m<sup>3</sup> (Figura 21). Adicionalmente y en términos cualitativos entre la comunidad del zooplancton capturado en Islas Marietas se logró distinguir la presencia de organismos del filo Mollusca, entre las que se incluyen larvas pertenecientes al orden Teuthida (calamares) y Nudibranchia (babosas). Mientras que el resto de las islas presentaron grupos de Copépodos y Cnidarios.

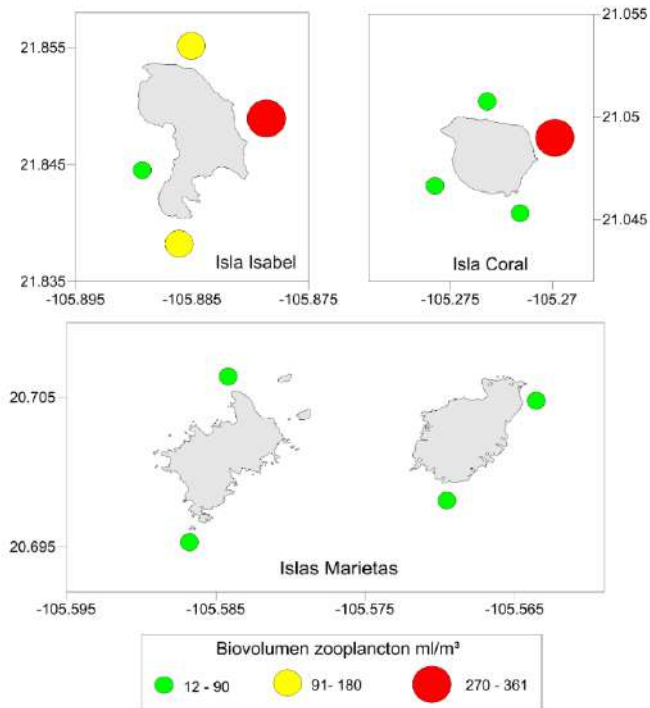


Figura 21. Valores del zooplancton en Isla Isabel, Isla Coral, Islas Marietas.

### 6.3. Taxonomía

Se cuantificaron e identificaron un total de 4,163 larvas de peces, 43 se encontraron alrededor de las islas y 4,120 en la zona del frente y pluma de río. En las islas se encontraron, 2 larvas en fase vitelina, 26 preflexión, 2 en flexión y 13 en postflexión. Mientras que en el frente se registraron 173 larvas en fase vitelina, 3,615 en preflexión, 326 en flexión, 49 en postflexión y un organismo transformado *Syngnathus californiensis*, cuatro no identificadas y una estaba destruida. Se observa que los dos sistemas estudiados difieren en la proporción de larvas de acuerdo a su fase de desarrollo, aunque en ambos dominó la fase de preflexión. Cabe señalar que, las islas presentaron mayor proporción de organismos en postflexión con respecto al frente y pluma de río (Figura. 22).

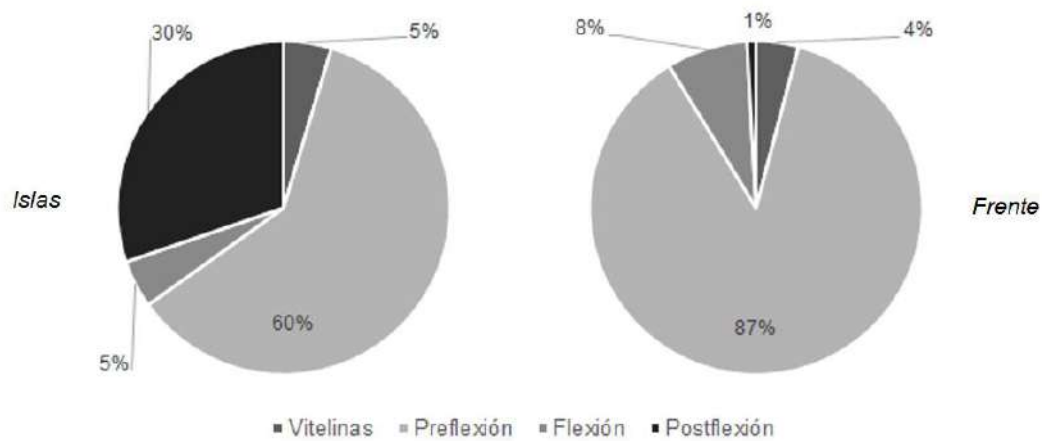


Figura 22. Proporción de fases larvarias de peces en Islas y frente.

Referente a la composición taxonómica, en ambos sistemas se registraron un total de 78 taxones pertenecientes a 28 familias de 10 órdenes, de los cuales 30 taxones fueron identificados a nivel de especie, 17 a nivel de género, 7 a nivel de familia y 26 corresponden a algún morfotipo de género o familia (Apéndice 1 y 2).



En el sistema del frente, la familia Carangidae estuvo representada con el mayor número de taxones, seguido por la familia Sciaenidae, Haemulidae y Gerreidae respectivamente. Mientras que la familia Carangidae y Labrisomidae fueron las mejor representaron en las islas con el mismo número de taxones, seguida de la familia Paralichthyidae, Exocoetidae, Haemulidae y Gerreidae (Figura 23).

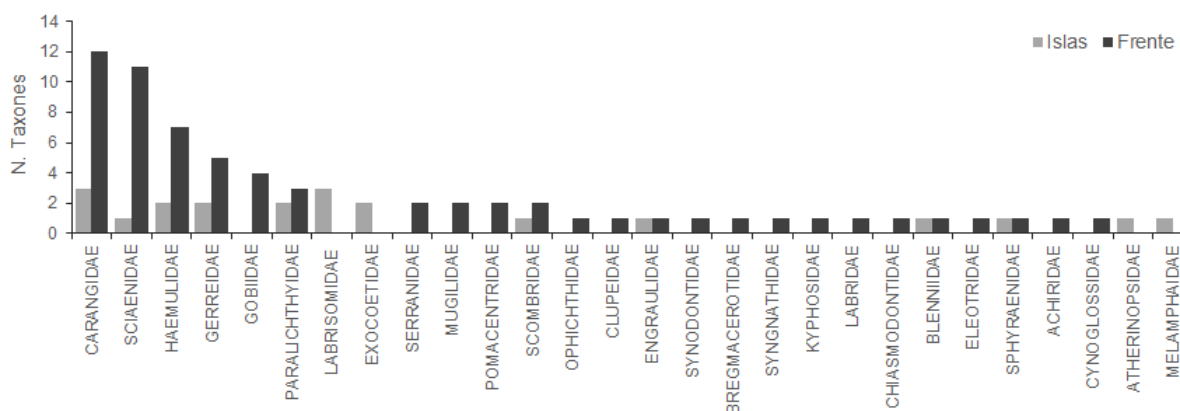


Figura 23. Cantidad de taxones y familias de larvas de peces en Islas y Frente.

Otro componente importante en la riqueza de especies, es la complementariedad entre los dos sistemas estudiados. Es decir, que no se comparten 67 de los 78 taxones (Fig. 24). Las islas presentaron 10 especies exclusivas, como *Trachinotus rhodopus*, *Alloclinus holderi* y *Chaetodipterus zonatus*. Por otro lado el frente presentó 57 especies exclusivas, entre las que destacan especies de góbidos como *Gobionellus microdon*, *Gobulus crescentalis*, *Ctenogobius sagittula*, así como *Myrophis vafer*, *Achirus mazatlanus* y *Opisthonema spp.*, y ambos sistemas comparten 11 especies entre las que destacan, *Alectis ciliaris*, *Diapterus peruvianus*, *Eucinostomus gracilis* y *Sphyraena ensis*.

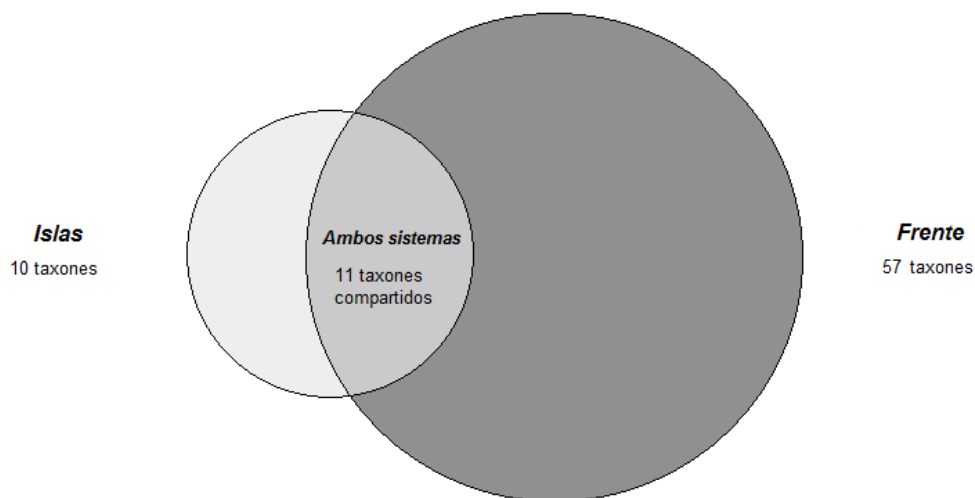


Figura 24. Taxones de larvas de peces compartidos y no compartidos en islas y frente.

Por otro lado, se registró la presencia de un alto número de taxones que son aprovechados como recursos pesqueros. El sistema con mayor número de especies fue el frente (44), mientras que las islas presentaron 10 especies (Figura 25).

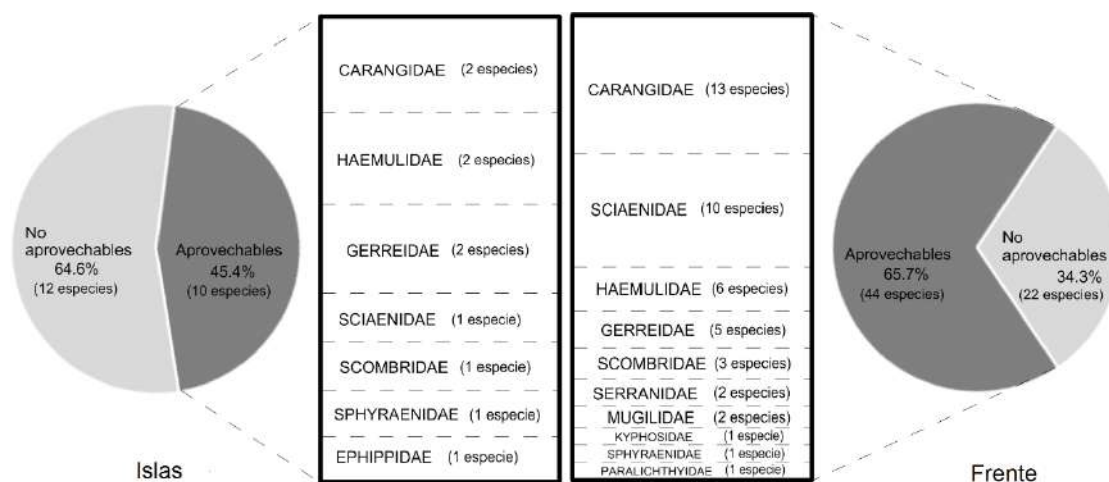


Figura 25. Proporción de especies de peces susceptibles de aprovechamiento pesquero en Islas y Frente.

Otro rasgo importante de larvas de peces en los sistemas estudiados es su afinidad al hábitat adulto. Es decir, la mayor proporción de especies en ambos sistemas son

de hábitos demersales. No obstante, en las islas existió mayor proporción de especies arrecifales, seguidas de especies epipelágicas y en menor proporción especies pelágico-costeras y bento-pelágicas. Contrario a esto, en el sistema del frente se presentó mayor proporción de especies bento-pelágicas, seguidas de especies arrecifales, epipelágicas, en menor proporción especies pelágico costeras. Resalta la ausencia de dos hábitos que no aparecen en las islas: pelágico oceánico y meso-pelágico (Figura 26).

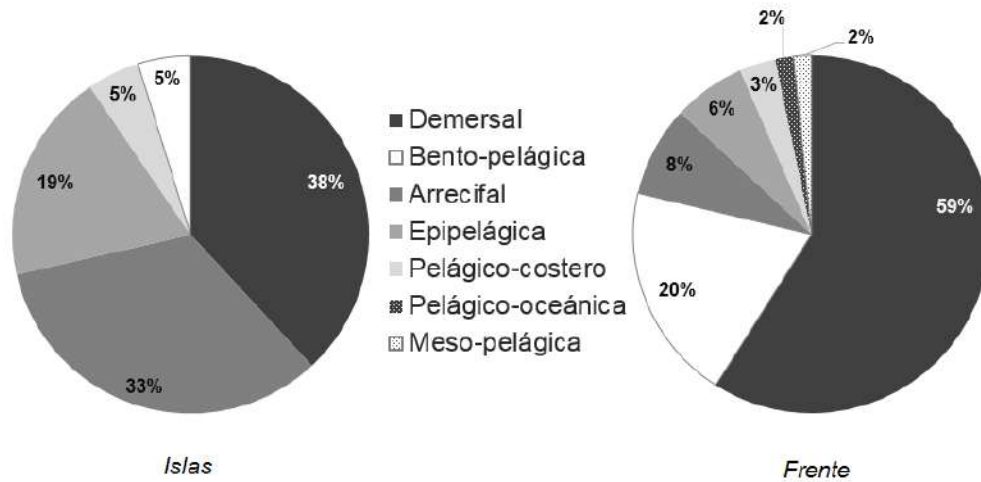


Figura 26. Proporción de especies de peces en relación a su afinidad al hábitat en Islas y Frente.

### *Esfuerzo de muestreo*

Respecto a la representatividad del inventario de larvas de peces registrado en islas y frente, se registraron 78 de las 115 especies esperadas por el estimador de riqueza Jackknife 1, por lo que se tiene representado el 68% de la riqueza de especies en el área de estudio (Figura 27).

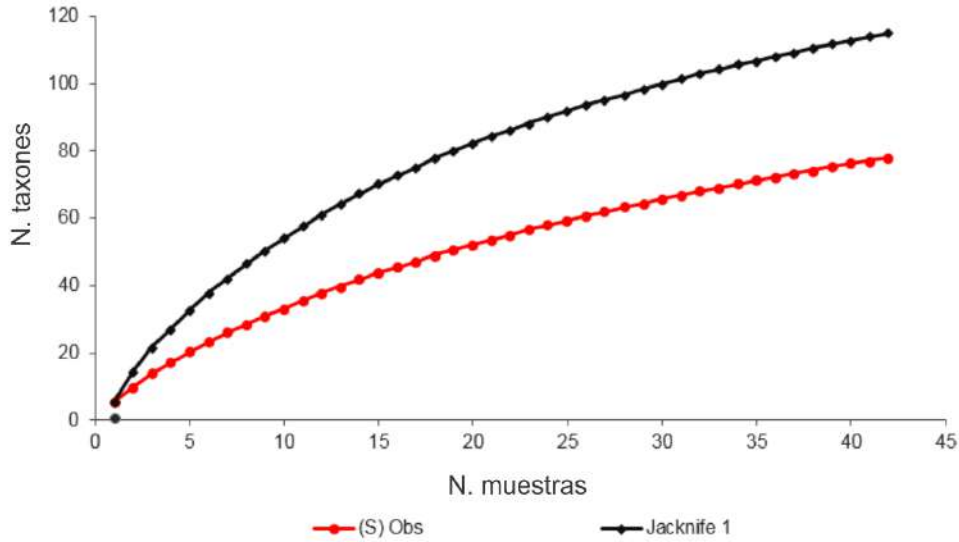


Figura 27. Representatividad del esfuerzo de muestreo en el área de estudio.

### *Riqueza y abundancia*

Con relación a la riqueza que presentaron las larvas de peces en los sistemas estudiados y su relación con la abundancia (10m<sup>2</sup>) se observó, que en las islas existen muchas especies con baja abundancia como: *Labrisomidae sp. 1*, *Chaetodipterus zonatus* y *Diapterus peruvianus*. Contrario a esto, el frente registró pocas especies abundantes como *Cetengraulis mysticetus*, *Opisthonema spp.* y *Decapterus sp. 2*, y muchas especies poco abundantes como: *Bregmaceros bathymaster*, *Etropus peruvianus* y *Mugil curema*. (Figura 28).

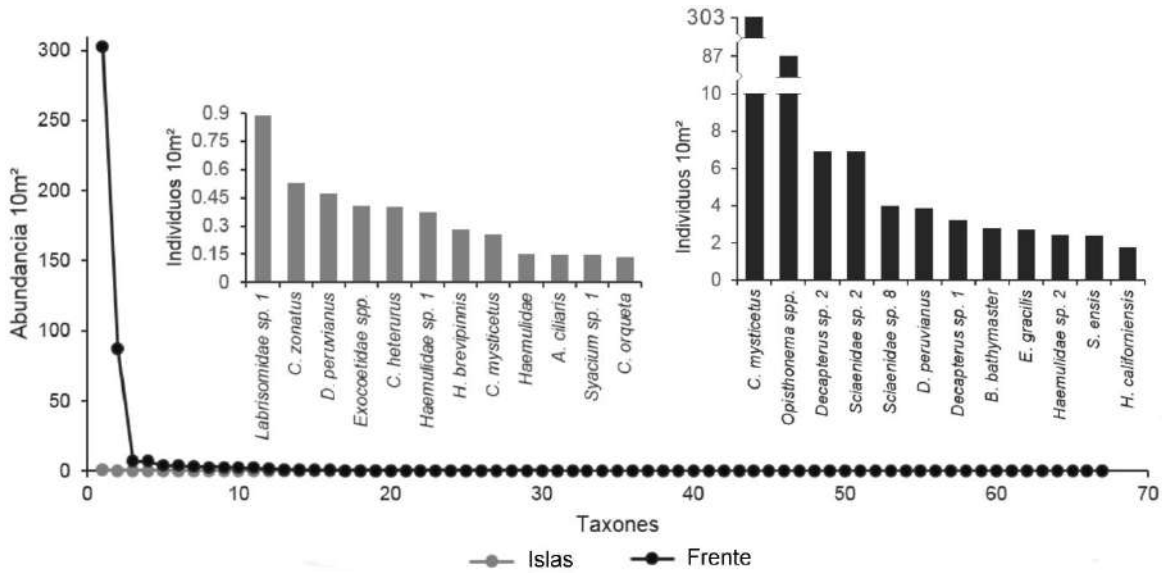


Figura 28. Curvas de rango-abundancia de larvas de peces y especies más abundantes en la zona de las Islas y Frente.

### Abundancia de larvas en Islas

De manera general, las islas presentaron valores bajos de abundancia de larvas de peces, los cuales se ubican en una larva por 10 m<sup>2</sup>, con excepción de la zona sur de Isla Isabel, donde no se registró la presencia de larvas (Figura 29).

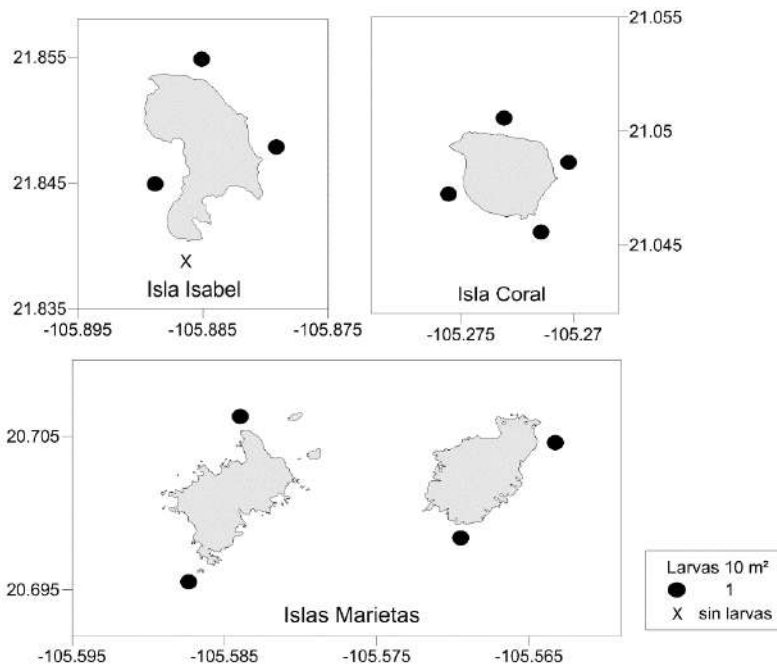


Figura 29. Abundancia de larvas de peces en Islas.

### Abundancia de larvas de peces en el frente y pluma de río

La distribución espacial de la abundancia de larvas de peces en el frente y pluma de río durante el día muestra valores bajos que van de 1 a 7 larvas/10 m<sup>2</sup> y fue similar en todas las estaciones (Figura 30a). De manera contraria durante la noche, los valores que se presentaron en la zona de influencia de la pluma de río rebelaron un incremento en el número de larvas así como su representación espacial, al observarse los valores más bajos cerca de la desembocadura del río Santiago, un incremento substancial se observa en las estaciones anexas a estas últimas y decaen con valores medios en las últimas dos estaciones (Figura 30b).

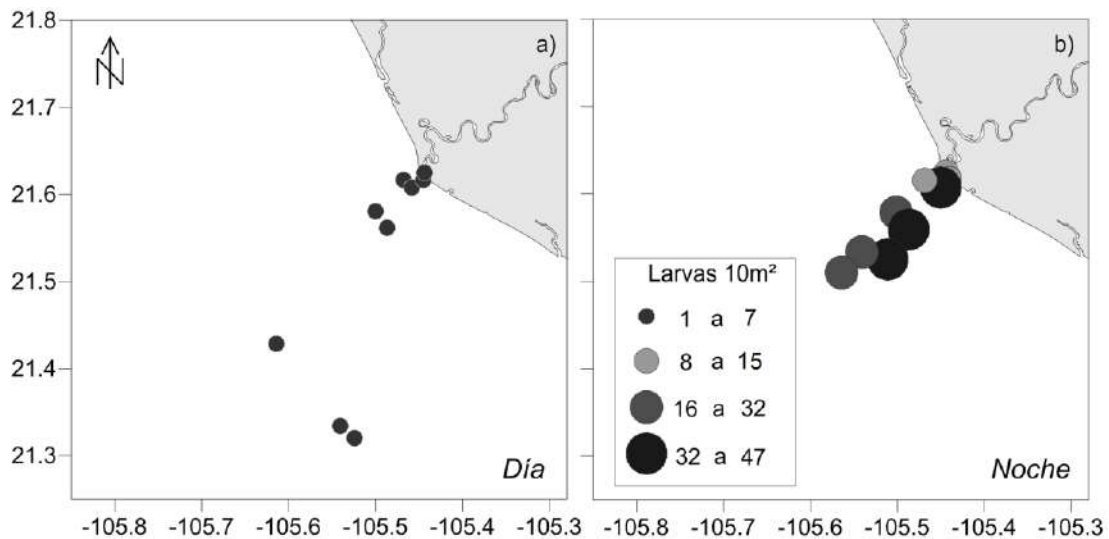


Figura 30. Abundancia espacial de larvas de peces en el frente.

Los resultados muestran además, que no se registraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en los valores de abundancia entre las comunidades de larvas durante el día y la noche (Figura 31a), así como en los valores de superficie y fondo (Figura 31b).

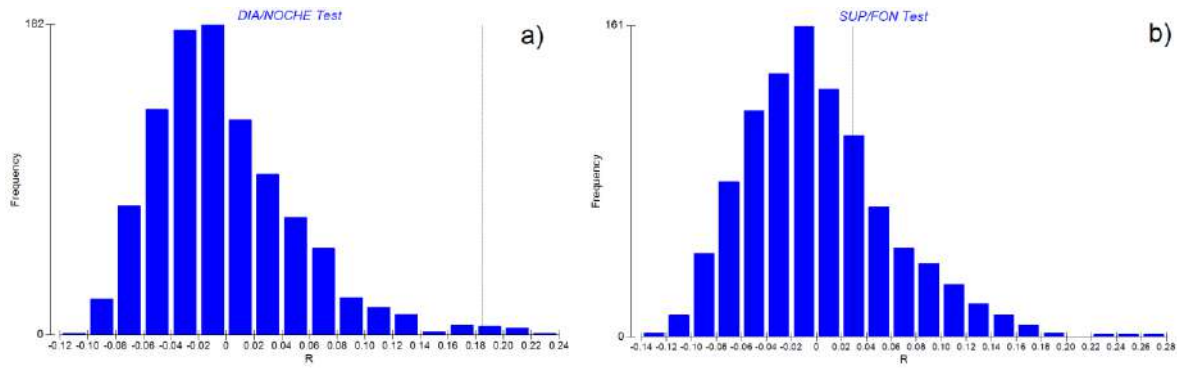


Figura 31. Prueba ANOSIM de los valores de riqueza de larvas de peces en el frente.

#### 6.4. Análisis de agrupamiento general

Los resultados del análisis de agrupamiento por medio del índice de similitud de Bray-Curtis, a partir de las matrices de abundancia de larvas de peces en islas y frente, muestran como los dos sistemas se diferencian entre sí claramente, aunque existieron dos estaciones (IMNTE e IIEEST) que se relacionaron con en el frente (Figura 32).

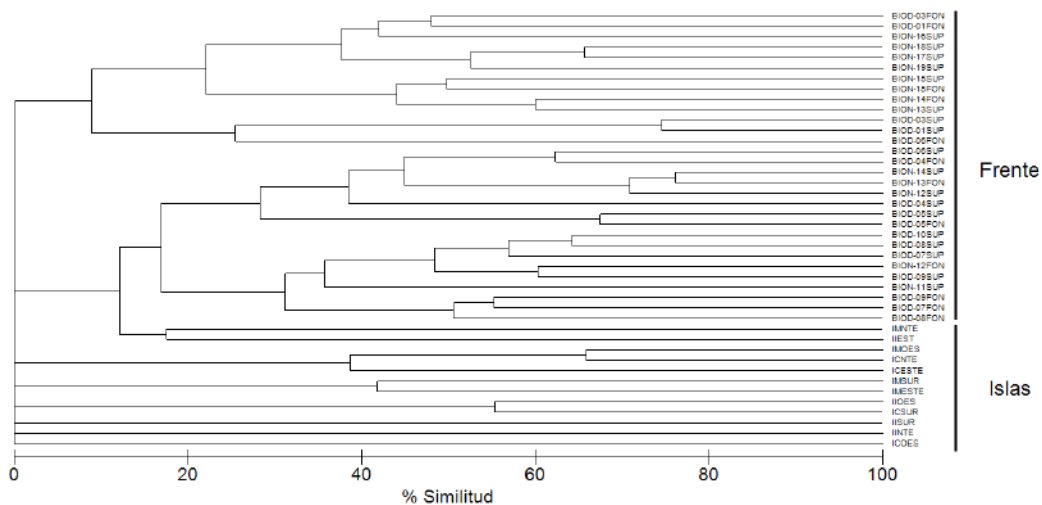


Figura 32. Dendrograma de las estaciones de muestreo en Islas y Frente basado en el análisis de agrupamiento del índice de similitud de Bray-Curtis.

#### 6.5. Análisis de agrupamiento de larvas de peces en Islas

El análisis de agrupamiento n-MDS realizado del sistema de islas indica, que las islas muestran una gran heterogeneidad en la composición y abundancia de larvas

de peces, sin agruparse las estaciones, ya que se comparten un alto número de taxones entre este sistema (Figura 33).

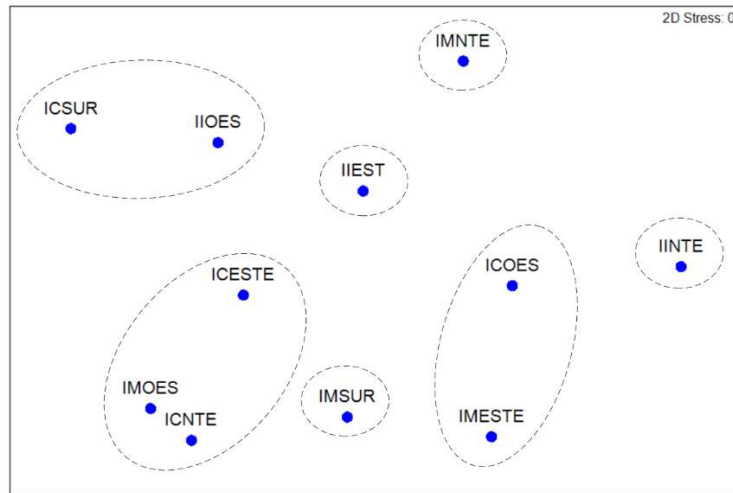


Figura 33. Diagrama n-MDS de estaciones de muestreo en Islas basado en el índice de similitud de Bray-Curtis.

## 6.6. Análisis de agrupamiento de larvas de peces en el frente

Los resultados del análisis de agrupamiento a partir de las matrices de abundancia de larvas de peces sobre el frente en el cual se hizo el corte al 21%, muestran la presencia de cuatro asociaciones que presentaron diferencias significativas, y que fueron definidas en base a su ubicación dentro de la zona del frente y distinguirse como: asociación dentro de la pluma de río, asociación fuera de la pluma de río, asociación oceánica y asociación de transición (Figura 34).



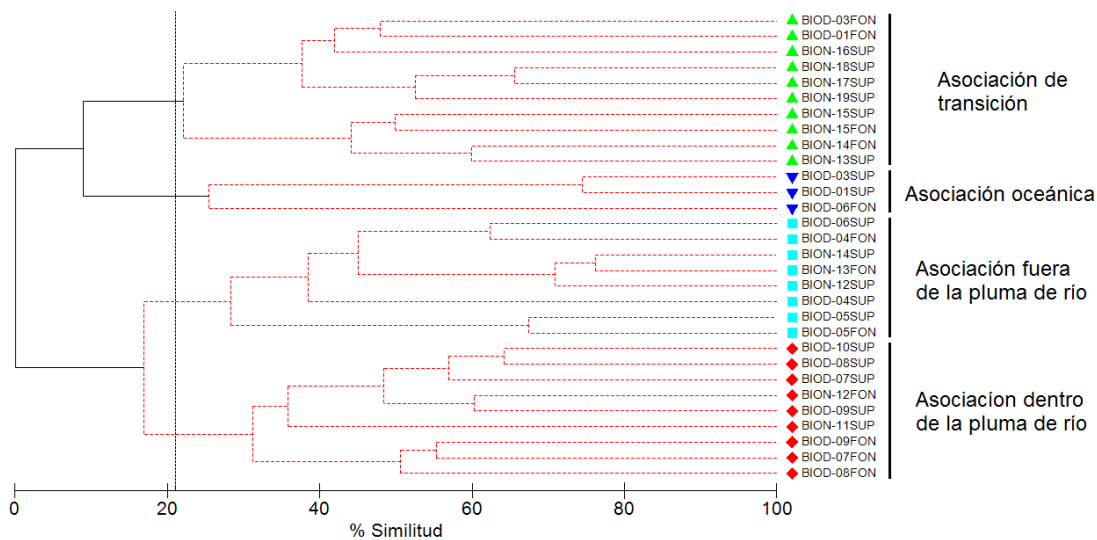


Figura 34. Dendrograma de las estaciones de muestreo en el Frente basado en el análisis de agrupamiento del índice de similitud de Bray-Curtis al 21%.

## 6.7. Asociaciones de larvas

### 6.7.1. Asociación dentro de la pluma de río

La asociación de larvas dentro de la pluma del río Santiago se localizó en 6 estaciones y comprendió nueve muestras ubicadas dentro de la pluma del río Santiago. Las condiciones ambientales relacionadas a esta asociación fueron de 34.2, temperatura de 25.3 °C, turbidez de 0.24 UNT, así como un volumen zooplanctónico de 426.4 mL/m<sup>3</sup> y abundancia de 7 larvas/10 m<sup>2</sup> (Figura 35).

Esta asociación, se compuso de 21 taxones, la mayoría con afinidad zoogeográfica tropical y subtropical, de ambiente marino-salobre y demersal. Las especies dominantes fueron *Cetengraulis mysticetus* y *Sciaenidae sp. 2* (Tabla 1), en menor abundancia tuvo especies como *Diapterus peruvianus* y *Haemulidae sp. 2*. Además, cuatro taxones exclusivos: *Ctenogobius sagittula*, *Gobionelus microdon*, *Gobulus spp.* y *Oligoplites spp.* Un rasgo importante que presentó esta asociación fue el registro del mayor número de taxones de la familia Sciaenidae con siete morfotipos distintos.

Tabla 1. Jerarquización de los taxones por medio del análisis SIMPER dentro de la pluma del río Santiago.

Asociación		Dentro de la pluma de río		
Taxón	% Contribución	% Acumulado	Afinidad zoogeográfica	Ambiente
<i>Cetengraulis mysticetus</i>	59.85	59.85	Subtropical	Marino-salobre
<i>Sciaenidae sp. 2</i>	22.68	82.53	Subtropical	Marino-salobre
<i>Diapterus peruvianus</i>	10.9	93.43	Tropical	Marino-salobre
<i>Haemulidae sp. 2</i>	4.83	98.26	Subtropical	Marino-salobre
<i>Ctenogobius sagittula</i>	0.97	99.23	Subtropical	Marino-salobre
<i>Sciaenidae sp. 3</i>	0.77	100	Subtropical	Marino-salobre
% similitud	46.49			

#### 6.7.2. Asociación fuera de la pluma de río

Se presentó en 6 estaciones ubicadas fuera de la pluma y frente del río Santiago y con un total de ocho muestras. Los parámetros ambientales registrados en este hábitat fueron similares a los señalados dentro de la pluma de río; salinidad de 34.2, temperatura de 25.2 °C y turbidez de 0.25 UNT, volumen zooplanctónico de 169.7 mL/m<sup>3</sup> y una abundancia de 5 larvas/10 m<sup>2</sup> (Figura 35).

Esta asociación registró un total de 11 taxones con afinidad zoogeográfica tropical y subtropical, de ambiente marino y marino salobre. Las especies dominantes fueron: *Cetengraulis mysticetus* y *Ophistonema spp.* (Tabla 2), en menor abundancia especies como *Sciaenidae sp. 2* y *Diapterus peruvianus*. Además, tuvo tres taxones exclusivos: *Eucinostomus currani*, *Diapterus spp.* y *Haemulidae sp. 3*.

Tabla 2. Jerarquización de los taxones por medio del análisis SIMPER fuera de la pluma.

Asociación		Fuera de la pluma de río		
Taxón	% Contribución	% Acumulado	Afinidad zoogeográfica	Ambiente
<i>Cetengraulis mysticetus</i>	71.77	71.77	Subtropical	Marino-salobre
<i>Opisthonema spp.</i>	23.33	95.1	Subtropical	Marino-salobre

<i>Sciaenidae sp. 2</i>	3.69	98.79	Subtropical	Marino-salobre
<i>Diapterus peruvianus</i>	1.21	100	Tropical	Marino
% similitud	48.06			

### 6.7.3. Asociación de transición

La asociación de transición contó con el mayor número de estaciones, de las cuales siete se localizan en la zona de influencia de la pluma durante la noche, y dos estaciones ubicadas fuera del frente, con un total de 9 muestras. Este hábitat registró la menor temperatura 33.7 °C, salinidad de 25.3 y los mayores niveles de turbidez 1.04 UNT, además del mayor volumen zooplanctónico 877.75 mL/m<sup>3</sup> y abundancia de 34 larvas 10/m<sup>2</sup> (Figura 35).

Los taxones registrados fueron 53, su afinidad zoogeográfica fue tropical y subtropical, de ambiente marino, marino salobre. Hábitos arrecifales, epipelágicas y demersales. Las especies dominantes fueron: *Cetengraulis mysticetus* y *Ophisthonema spp.* (Tabla 3). Esta asociación presentó el mayor número de especies exclusivas (36 taxones) entre las que destacan: *Bregmaceros bathymaster*, *Mugil curema* y *Mugil cephalus*. Otro rasgo importante de esta asociación fue el mayor número de taxones de la familia Carangidae (12 morfotipos).

Tabla 3. Jerarquización de los taxones por medio del análisis SIMPER de transición.

Asociación		De transición		
Taxón	% Contribución	% Acumulado	Afinidad zoogeográfica	Ambiente
<i>Cetengraulis mysticetus</i>	37.5	37.5	Subtropical	Marino-salobre
<i>Opisthonema spp.</i>	27.96	65.47	Subtropical	Marino-salobre
<i>Eucinostomus gracilis</i>	7.63	73.1	Subtropical	Marino-salobre

<i>Decapterus sp. 2</i>	4.63	77.73	Subtropical	Marino-salobre
<i>Haemulon californiense</i>	4.31	82.04	Subtropical	Marino-salobre
<i>Decapterus sp. 1</i>	3.08	85.12	Subtropical	Marino
<i>Etopus peruvianus</i>	1.72	86.84	Tropical	Marino
<i>Sciaenidae sp. 2</i>	1.68	88.52	Subtropical	Marino-salobre
<i>Sciaenidae sp. 8</i>	1.51	90.03	Subtropical	Marino-salobre
<i>Sarda spp.</i>	1.33	91.36		
<i>Bregmaceros bathymaster</i>	1.12	92.48	Subtropical	Marino
<i>Mugil cephalus</i>	0.97	93.45	Subtropical	Marino-salobre
<i>Sphyræna ensis</i>	0.96	94.41	Subtropical	Marino-costero
<i>Caranx sp. 1</i>	0.71	95.12	Tropical	Marino
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	0.68	95.8		
<i>Mugil curema</i>	0.66	96.46	Subtropical	Marino-salobre
<i>Diapterus peruvianus</i>	0.64	97.1	Tropical	Marino
<i>Dormitator latifrons</i>	0.44	97.54	Subtropical	Marino-salobre
<i>Sciaenidae sp. 9</i>	0.39	97.93	Subtropical	Marino-salobre
<i>Carangidae</i>	0.38	98.31	Subtropical	Marino
<i>Haemulidae sp. 1</i>	0.34	98.65	Subtropical	Marino-salobre
<i>Sciaenidae sp. 5</i>	0.33	98.98	Subtropical	Marino-salobre
<i>Selar crumenophthalmus</i>	0.31	99.29	Subtropical	Marino
<i>Sciaenidae</i>	0.25	99.54	Subtropical	Marino-salobre
<i>Chiasmodon niger</i>	0.25	99.79	Tropical	Marino

<i>Eucinostomus dowii</i>	0.21	100	Tropical	Marino-salobre
% similitud	40.82			

#### 6.7.4. Asociación oceánica

Finalmente, la asociación oceánica fue representada por dos estaciones ubicadas en la zona más alejada de la costa y en el arrastre de fondo, y en la zona de influencia de la pluma de río con un total de tres muestras. Este hábitat registró los mayores niveles de salinidad 34.6, de temperatura 25.8 °C, y los menores niveles de turbidez 0.17 UNT, así como el menor volumen de zooplancton 77 mL/m<sup>3</sup> y 1 larva/10m<sup>2</sup> (Figura 35). Esta asociación estuvo representada por un total de seis taxones y no presentó especies exclusivas. Las especies con mayor abundancia fueron *Opisthonema spp.* y *Eucinostomus dowii* respectivamente, y el resto de los taxones presentaron baja abundancia.

Tabla 4. Jerarquización de los taxones por medio del análisis SIMPER en el hábitat oceánico.

Asociación		Oceánica		
Taxón	% Contribución	% Acumulado	Afinidad zoogeográfica	Ambiente
<i>Opisthonema spp.</i>	73.95	73.95	Subtropical	Marino-salobre
<i>Eucinostomus dowii</i>	26.05	100	Tropical	Marino-salobre
% similitud	43.56			

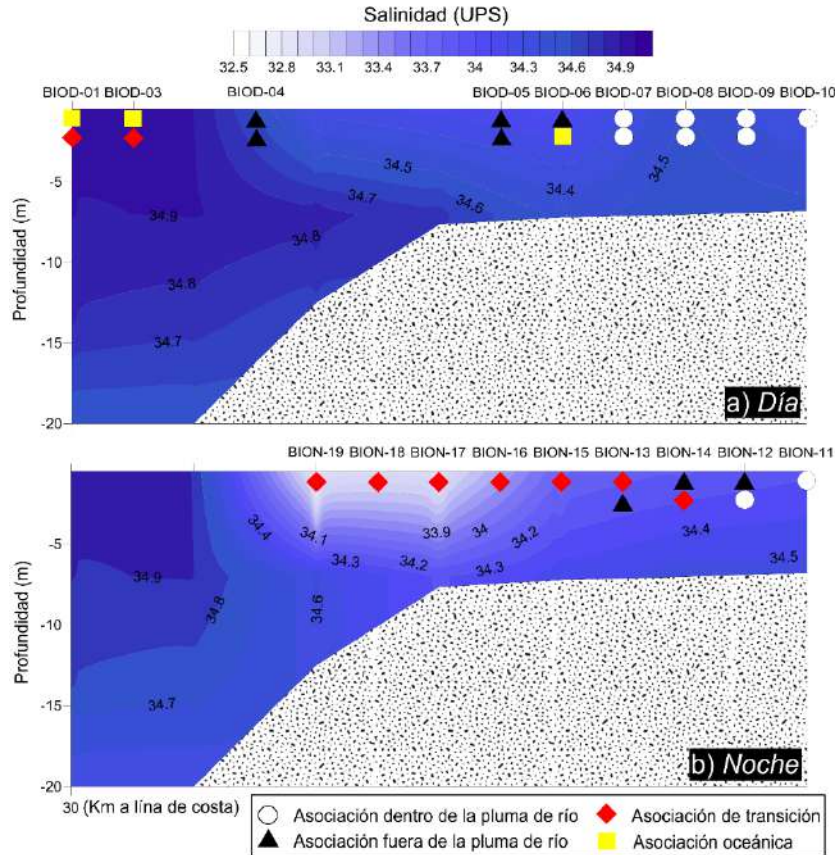


Figura 35. Distribución vertical de las asociaciones de larvas en el frente.

## 6.8. Clupleiformes en el frente y pluma de río

Finalmente cabe añadir, que *Cetengraulis mysticetus* fue el taxón que contribuyó con la mayor abundancia y frecuencia de aparición en todas las asociaciones. De manera complementaria, se observa otra especie muy frecuente *Opisthonema spp.*, pero representada en menor abundancia. No obstante la presencia de ambos taxones en las distintas asociaciones, se explica a partir de su plasticidad en relación a las variables ambientales registradas en los diferentes hábitats, e incluso, se puede esbozar un patrón de exclusión por competencia entre ambas especies (Figura 36).

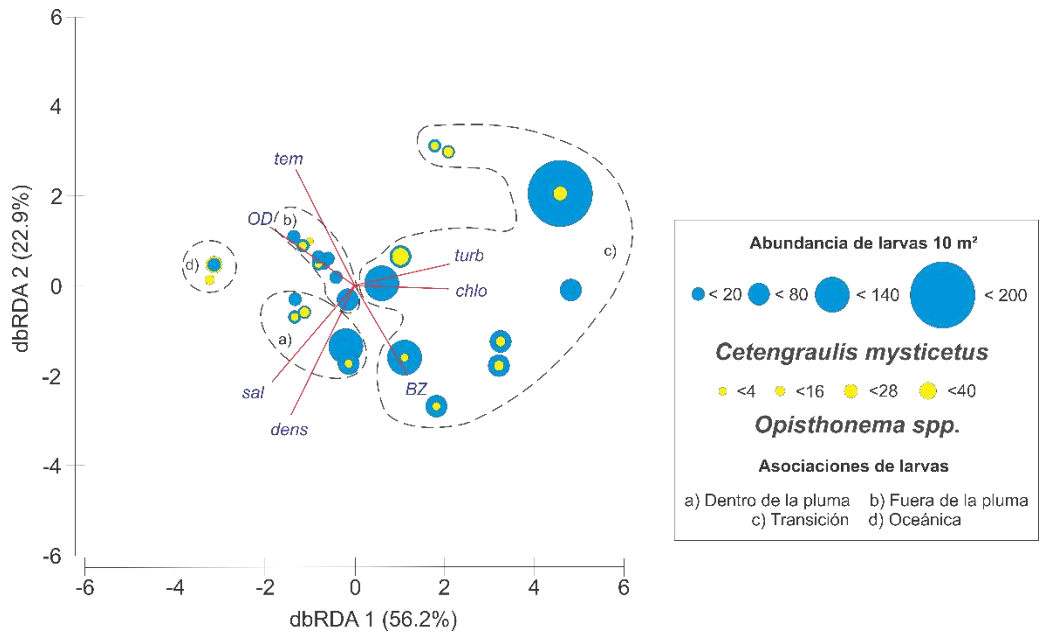


Figura 36. Diagrama dbRDA en estaciones donde se registró *Cetengraulis mysticetus* y *Opisthonema spp.* Abundancia y su relación con las variables ambientales en el frente. Temperatura (*temp*), Turbidez (*turb*), Clorofila a (*Chlo*), Biovolumen zooplanctónico (*BZ*), Densidad (*dens*), Salinidad (*sal*), Oxígeno disuelto (*OD*).

## 7. DISCUSIÓN

### 7.1. Ambiente físico oceánico

De acuerdo con Hetland y Hsu (2013), la posición de las plumas de río puede estar sujeta a la influencia de las mareas, viento, batimetría y cambios en la línea de costa, ya que los cambios generados en estos sistemas llegan a ser drásticos en escalas de tiempo muy cortas. Este es el caso de la pluma de río del río Santiago, en la que se observó una alta variabilidad ambiental en poca distancia, y entre el día y la noche influenciada principalmente por efecto de la marea. Es decir que, durante la noche se puede evidenciar la presencia de agua con menor temperatura y salinidad, así como mayores niveles de turbidez, características propias de la influencia de la pluma del río Santiago durante la bajamar.

Además de la amplia variabilidad espacial en escalas de tiempo muy cortas de las variables ambientales de la pluma, existieron condiciones distintivas en la formación de hábitats en la zona adyacente fuera del frente. Habría que señalar además que de acuerdo a la imagen Sentinel, que en gran parte de esta estructura hidrográfica se extienden otros frentes cercanos en zonas adyacentes al sur del área de estudio, donde se ubican los esteros El Rey y San Cristóbal, los cuales podrían estar influyendo en la dinámica hidrográfica por medio de procesos de mezcla vertical y horizontal. Su inclusión en el estudio de procesos físico-biológicos en los frentes de pluma en la zona estudiada, podría revelar información complementaria importante.

Por otro lado, el diagrama T-S indica la presencia de dos masas de agua definidas agua Tropical Superficial, agua Subsuperficial Subtropical, y un tipo de agua llamada Transicional. Mismo que no presentó cambios abruptos en los niveles de salinidad y temperatura en estaciones ubicadas dentro de la pluma del río Santiago. No obstante las características físicas de la zona de estudio especialmente la pluma del río Santiago presentaron mayores niveles de turbidez y menor oxígeno disuelto, variables que no se reflejan en el diagrama TS, pero si se observan por medio del análisis mediante el diagrama dbRDA y es consistente con lo reportado por Uncles, (2011) y Warrick y Farnsworth (2017), donde los aportes de material terrígeno



arrastrados en los sistemas lóticos diferencian a estos sistemas de las zonas adyacentes.

Así mismo, el agua Subsuperficial Subtropical se refiere al agua formada por subducción en la vecindad de los giros subtropicales en el Océano Pacífico (Portela *et al.*, 2016). Probablemente la extensa plataforma continental y su baja profundidad descrita por Curray y Moore (1963) en Nayarit estén modulando el ingreso de giros geostroficados adyacentes a la zona costera. De tal forma que, la peculiar batimetría del área de estudio actúe como reservorio de este tipo de agua en las zonas profundas cerca de la zona costera. El agua Tropical Superficial ingresa a la costa del Pacífico Oriental en México derivada del flujo de la corriente Norecuatorial (Fiedler y Talley, 2006; Reyes-Hernández *et al.*, 2016). Su presencia en la zona de estudio es consistente con lo reportado por Lavín y Marinone (2003) para la zona de entrada del Golfo de California, donde se ubica hasta poco más de los 100 m de profundidad. No obstante, se ha descrito que el agua Tropical Superficial ingresa al Pacífico Central mexicano durante el verano a través de la Corriente Costera Mexicana, (Godínez *et al.*, 2010; Gómez-Valdivia *et al.*, 2015) por lo que la marcada estacionalidad estaría influyendo en los tipos de agua presentes en las diferentes épocas del año.

Cabe resaltar que el agua Transicional registrada en este trabajo constituye un tipo de agua intermedia o mezclada entre las masas de agua ya mencionadas. Probablemente debido a la dinámica por procesos de marea, mezcla vertical y surgencias, comunes en la zona costera de Nayarit, y aporte de agua de los ríos (Inda-Díaz *et al.*, 2013; Cepeda-Morales *et al.*, 2017). Su presencia en la zona de estudio refleja además un amplio dominio en la zona costera durante la temporada de estiaje.

Otro rasgo importante evidenciado a través de la red de estaciones en este estudio sugiere que el dominio de la pluma del río Santiago durante el estiaje es cercano a la línea de costa. Probablemente futuros estudios durante la temporada de lluvias podrían ofrecer información sobre la máxima extensión de su área de influencia, reflejar cambios en la evolución espacio temporal, y su posible coalescencia con

sistemas adyacentes ubicados hacia el norte como el Canal de Cuautla y el río San Pedro, y hacia el sur los esteros Pozo Rey y San Cristóbal. Estudios recientes al sur del área de estudio evidencian cambios estacionales en plumas de río, generados por el aumento y disminución del caudal del río Ameca (González-Luna *et al.*, 2019; Mireles-Loera *et al.*, 2019). De manera semejante, las mismas variaciones podrían ocurrir en la pluma del río Santiago y ofrecer información sobre la dinámica anual de este sistema.

## **7.2. Componente Biológico**

### *7.2.1. Zooplancton*

La concentración del zooplancton registrada en este trabajo representa una estimación de la alta productividad que los dos sistemas estudiados son capaces de sostener. La definida estacionalidad que se existe en la zona costera de Nayarit genera condiciones particularmente importantes para los sistemas marinos (Inda-Díaz *et al.*, 2013; Cepeda-Morales *et al.*, 2017). Este es el caso de pluma del río Santiago, que al igual que en otros sistemas, representan el aporte clave de materia orgánica en los océanos (Munk, 2014; Warrick y Farnsworth, 2017).

Durante la época de estiaje en la región, disminuye el caudal del río Santiago (Martínez-Flores *et al.*, 2011; Hernández-Guzmán 2018), lo que influencia las características físico-químicas del ambiente al reducir los procesos de mezcla, y aumentar la intercepción de materia orgánica en hundimiento, que pueden traducirse en una alta productividad primaria dentro de la zona eufótica (Fernández-Álamo y Färber-Lorda, 2006). Dicho proceso, permite también que el zooplancton marino obtenga los recursos necesarios para su supervivencia y reproducción, aunque los patrones de su distribución pueden depender también de procesos hidrográficos como la evolución espacio temporal de la pluma del río Santiago y de su alimento (Inda-Díaz *et al.*, 2013).

Un rasgo importante en la distribución temporal del zooplancton, fue el cambio marcado a escalas diarias. Es decir, durante el día (pleamar) el zooplancton marino se registró en concentraciones bajas con respecto a la noche, con mayor influencia

de la pluma (bajamar), resultados similares a lo reportado por Navarro-Rodríguez *et al.* (2002). Así como su distribución espacial, de acuerdo con lo reportado por Inda-Díaz *et al.* (2013) en el Pacífico Tropical mexicano, donde los altos niveles del zooplancton son atribuidos a las descargas de los ríos, lagunas y bahías.

En relación a la similitud entre los valores registrados del zooplancton en arrastres superficiales y de fondo, podría explicarse a partir de la homogeneidad de la columna de agua en la capa superficial en las zonas someras cercanas a la costa, al presentarse cambios ambientales y biológicos relacionados más a movimientos horizontales de las parcelas de agua que a la migración vertical del zooplancton. Lo que podría explicar que no se reflejaron diferencias, debido a que la comunidad del zooplancton es la misma en esas profundidades. No obstante, Inda-Díaz *et al.*, (2013) mencionan que estructuras hidrográficas como la termoclina y la profundidad de la capa de mezcla, así como la intensidad de la luz hacen que la distribución vertical del zooplancton sea incluso más heterogénea que su distribución horizontal.

### **7.3. Taxonomía**

Al igual que lo reportado en otros estudios en plumas de río en zonas tropicales (De Macedo-Soares *et al.*, 2014; Johns *et al.*, 2014) y a nivel regional en zonas costeras de México (Sánchez-Velasco *et al.*, 2006; Aceves-Medina *et al.*, 2008; López-Chávez *et al.*, 2012), el presente trabajo representa una referencia de la alta cantidad de especies de larvas de peces que los sistemas insulares y pluma del río Santiago sostienen en la costa de Nayarit. Dicho elenco sistemático constituye nueva información para la línea base de inventarios faunísticos (Siqueiros-Beltrones y De La Cruz-Agüero, 2015) del área de estudio, sobre las áreas de crianza de los taxones registrados.

Entre los grupos taxonómicos que destacaron por su alta abundancia y frecuencia de aparición en este estudio sobresalen las larvas de peces del Orden Clupeiformes, los cuales se consideran peces planctívoros marinos que se agrupan en aguas costeras (Moser, 1996), y que incluye la especie *Opisthonema spp.*, como el único taxón previamente reportado en la zona costera de la entidad (Acal y Corro-

Espinosa, 1994). Lo que indica que, la alta productividad debido a las condiciones físico-químicas en los ecosistemas costeros de Nayarit (Cepeda-Morales *et al.*, 2017) ofrece las condiciones biológicas apropiadas para el desarrollo de estos organismos en la zona estudiada.

Cabe mencionar además que, un alto número de taxones registrados en este estudio fueron referidos a nivel de morfotipos *per se*, debido al sesgo de información en la literatura científica y guías taxonómicas. Lo anterior advierte que en estudios subsecuentes sobre larvas de peces es importante considerar la recomendación de Azmir *et al.* (2017), quien menciona que se tiene que tener prudencia en las técnicas de identificación morfológica, ya que cuando existe incertidumbre es mejor alcanzar el nivel taxonómico de familia, a pesar de que en algunos casos se tenga la necesidad de llegar hasta nivel de especie (Avendaño-Ibarra *et al.*, 2014). Lo anterior sugiere fuertemente la inclusión de nuevas líneas de investigación en el área, mediante técnicas de identificación molecular por ejemplo, para obtener mayor certidumbre en la identificación de las larvas de peces.

En relación a la complementariedad de especies debe mencionarse que los dos sistemas estudiados, Islas y Frente compartieron 11 taxones (Ver Apéndice 1), de los cuales únicamente *Serranus spp.*, *Alectis ciliaris* e *Hypsoblennius brevipinnis* se consideran arrecifales. Estos taxones fueron registrados en etapa de preflexión, cuando son dispersadas con mayor facilidad. El resto está comprendido por especies heuralinas de la familia Carangidae, Haemulidae, Gerreidae y Sciaenidae las cuales han sido documentadas en la zona costera de Nayarit como adultos (García-Ramírez y Lozano-Vilano, 1992; Tripp-Valdez, 2010), así como las islas estudiadas (Galván-Villa *et al.*, 2010; SEMARNAT, 2007). Lo que podría indicar tanto la vagilidad de estas especies de asentarse en distintos hábitats, así como su capacidad de dispersarse a través de barreras hidrográficas como los frentes y pluma de río, y utilizar estas estructuras como áreas de desarrollo larval.

#### 7.4. Asociaciones de larvas

Respecto a las asociaciones de larvas presentes habría que mencionar primeramente que la fase larvaria de los peces es una etapa de su ciclo de vida en la que desarrollan sus estructuras externas para eventualmente adquirir la capacidad natatoria suficiente (Balon, 1975; Ahlstrom, 1984). La duración de esta fase varía ampliamente entre especies, desde algunos días hasta algunas semanas (Moser, 1996), de ahí que cada una tenga su propia historia evolutiva (Espinosa-Pérez, 1993).

Su historia de vida temprana, está ligada a los procesos físicos y biológicos del medio que habitan (Munk, 2014) y al acoplamiento en cada una de las región biogeográficas en las que se distribuyen (Castro-Aguirre *et al.*, 1995). Así mismo, la presencia de larvas en ciertos ambientes reflejan también las áreas de desove de peces adultos (Sanvicente-Añorve *et al.*, 1998). Por lo tanto, las asociaciones de larvas de peces son el conjunto de especies que convergen en un mismo espacio y tiempo (*e. g.* capa epipelágica) producto del desove, donde las condiciones físicas, químicas y biológicas son favorables para la crianza de sus larvas o existen fuerzas de dispersión que las aproximen a ellas. En este estudio se definieron cinco asociaciones de larvas de peces distribuidas en diferentes ambientes marinos, basados en los análisis de agrupamiento previamente descritos.

El frente presentó cuatro asociaciones de larvas con especies de diferentes hábitos y ambientes marinos completamente diferentes. La **asociación pluma de río** fue representada por taxones eurihalinos vinculados a sistemas estuarinos de la familia Sciaenidae y algunos exclusivos a esta asociación como la familia Gobiidae. Las cuales ya han sido reportadas en investigaciones en México, que relacionan la fauna estuarina con sistemas oceánicos costeros (Flores-Coto *et al.*, 1999; Vásquez-Yeomans y Richards, 1999; Quintal-Lizama y Vásquez-Yeomans, 2001). Los resultados indican además que, parte del ciclo de vida de estos organismos se relaciona con las condiciones ambientales de la pluma del río Santiago, el ambiente marino más cercano a la desembocadura.

La **asociación fuera de la pluma** presentó condiciones ambientales muy similares a la asociación dentro de la pluma y ambas estuvieron presentes durante momentos de bajamar y pleamar. No obstante mostraron distinta composición taxonómica. Las especies dominantes fueron el grupo de Clupeiformes registrados en este estudio y en menor medida especies de la familia Gerreidae, de los cuales se sabe que esta última familia de peces tolera cambios en los niveles de salinidad y se relacionan con estuarios (Jiménez-Rosenberg, 1998). Su presencia a la cercanía de la pluma muestra también la exclusión de estos taxones, debido a los límites hidrográficos que representa la pluma río.

Otro grupo fue la **asociación de transición** que contó con el mayor número de morfotipos de la familia Carangidae y su presencia podría explicarse a partir de la siguiente disertación. En el presente estudio se registraron cambios en las condiciones físico-químicas y biológicas diferentes durante el día y la noche, en coincidencia con el cambio de la marea particularmente durante bajamar donde se observó una mayor influencia de condiciones de pluma, momento en el que se presentó esta asociación. De ahí que, los valores bajos de salinidad que se presentan en la zona costera en Nayarit, son representativos de la eurihalinidad de este grupo, pues se sabe que estas especies son comunes en los sistemas estuarinos y lagunas costeras las cuales abundan en el litoral de la entidad (Corro-Espinosa, 1985). Habría que añadir además, que este grupo en particular es el más diversificado entre el grupo de los peces marinos (Moser, 1996; Robertson y Allen, 2015; Froese y Pauly, 2018). De acuerdo a los resultados su presencia en el área de estudio, refleja además momentos clave de la actividad de desove y del hábitat larvario de este grupo.

Cabe mencionar también que esta asociación contó con la presencia de *Bregmaceros bathymaster*, especie pelágico costera que ha sido documentada en una alta abundancia en el Pacífico Tropical (Franco-Gordo *et al.*, 2002; Franco-Gordo *et al.*, 2003; López-Chávez *et al.*, 2012) y habitatas larvarios en la zonas anoxicas adyacentes a la plataforma continental de Nayarit (Davies *et al.*, 2015). No obstante en este estudio presentó baja abundancia y presencia cercana a la costa.

Probablemente las condiciones presentes en el hábitat demuestran la plasticidad de la especie a sistemas eurihalinos, no obstante habría que tener cautela con esta hipótesis. Por lo que futuros estudios en la búsqueda de este grupo taxonómico podría incluir muestreos en estratos de mayor profundidad en zonas oceánicas.

Los atributos ambientales particulares presentes en la **asociación oceánica** muestran que la alta salinidad y temperatura, la baja turbidez y baja presencia de zooplancton inciden en la presencia y dominio de pocas especies, donde *Opisthonema spp.* y *Eucinostomus dowii* fueron las especies con mayor abundancia en esta asociación. Este patrón de exclusión hacía el ambiente oligotrófico en el caso de la sardina registrada en este estudio, es similar a lo reportado por Sánchez-Velasco *et al.* (2013) en ambientes costeros y podría estar regido a partir de las condiciones de estratificación presentes en éste ambiente, o bien por evitar la competencia con la anchoa registrada cerca de la costa.

Finalmente, la comunidad de larvas del sistema **Islas**, fue tipificada por especies demersales, arrecifales y epipelágicas. De acuerdo con Carriquiry y Reyes-Bonilla (1997) y Rodríguez-Zaragoza (2011), una de las características principales que presentan las islas y zona sur de Nayarit es la alta transparencia, ya que la materia orgánica particulada no excede niveles de 1 mg/L. Probablemente, esta característica común de los sistemas insulares en la región contribuye al establecimiento de asociaciones de larvas propias de éstos sistemas, pero homogéneas entre islas y cuyos resultados son similares a los que han reportado anteriormente otros estudios en zonas tropicales (Leis y Miller, 1976; James *et al.*, 2002).

Al respecto habría que considerar que, las larvas de peces arrecifales cuentan con una historia de vida bipartita (Simpson *et al.*, 2013), cuyos procesos de dispersión en su fase planctónica se relaciona a sistemas marinos abiertos (Leis, 1993; Leis *et al.*, 1996; Jones *et al.*, 1999) en tanto son capaces de desarrollar la capacidad de nado (Simpson *et al.*, 2013) y lograr reclutarse en sus hábitats adultos (Caley *et al.*, 1996; Bottesch *et al.*, 2016). Este podría ser el caso de *Serranus spp.*, *Alectis ciliaris*

e *Hypsoblennius brevipinnis* los cuales fueron registrados sobre el frente, fuera de su zona de distribución como adultos.

Lo anterior sugiere fuertemente, la realización de nuevos estudios que aborden el tema de conectividad entre islas y zonas adyacentes, así como la obtención de datos sobre comportamiento reproductivo de los adultos, las estrategias de dispersión a larga y corta distancia, así como su abundancia, sobrevivencia y éxito de reclutamiento. De manera semejante, habría que considerar la generación de datos sobre la evolución espacio-temporal de estructuras hidrográficas que transportan las larvas de dichas especies, ya que su presencia representa un indicador biológico importante (Leis *et al.*, 1996).

Otro rasgo importante que destaca en los resultados obtenidos en el sistema de Islas es el mayor número de organismos encontrados en etapa de postflexión, en comparación con el sistema Frente, a pesar de la marcada diferencia en la abundancia absoluta. Al respecto, las especies de peces asociadas a zonas insulares en sus fases planctónicas o primeras etapas de crecimiento, son más susceptibles a ser dispersadas. Mientras que en la etapa de postflexión que le antecede a la juvenil, ya existen en ambos casos un desarrollo sensorial y capacidad de nado (Moser 1996), que les permiten a las larvas la orientación a los sonidos emitidos por los arrecifes, y que han sido señalados éstos como el estímulo más probable para dirigir a los peces a sus áreas de reclutamiento (James *et al.*, 2002; Mora y Sale, 2002).

### **7.5. Aspectos complementarios**

Cabe señalar, que la alta riqueza de larvas de peces encontrada sobre el frente y zona de influencia de pluma de río Santiago, refleja la importancia de estas estructuras como sitios de desarrollo larval de diversas especies, por lo que su presencia podría explicarse debido a los siguientes factores. Las plumas de río se asocian con altos niveles de *turbidez*, la cual reduce la visibilidad en la columna de agua y la posibilidad de que las larvas sean depredadas por peces (Carreón *et al.*, 2014), de ahí que el encuentro de estos organismos dentro de la zona de influencia de pluma de río estaría obedeciendo a factores de supervivencia, no obstante las



larvas de peces cuentan también con múltiples depredadores incluso dentro de estos sistemas (Bailey y Houde, 1989).

Otro factor importante es la *reproducción*, un alto número de peces teleósteos marinos se reproducen durante la primavera (Whitehead *et al.*, 1988; Polacheck *et al.*, 1992; Aceves Medina *et al.*, 2008). Por lo tanto, el frente y zona de influencia de la pluma del río Santiago está actuando como sitio de crianza para los peces de diferentes hábitats como: demersal, bentopelágica, arrecifal, mesopelágica, batipelágica, pelágico costeras, pelágico oceánicas. No obstante, estos resultados tendrían que ser probados a lo largo de ciclos estacionales y anuales, y observar si se reflejan cambios.

El *flujo de energía* a través de las redes tróficas representa un factor fundamental en la presencia de las larvas de peces sobre la zona de influencia de la pluma del río Santiago, ya que un alto número de larvas de peces se alimentan del zooplancton marino. En trabajos realizados en el frente de pluma del Mar de la Plata, se ha descrito la relación entre altas cantidades de clorofila y de biomasa de zooplancton, como el principal alimento de larvas de la familia Engraulidae (Marrari *et al.*, 2013; De Macedo-Soares *et al.*, 2014). Resultados similares fueron encontrados en este estudio donde se registraron altas concentraciones de zooplancton y clorofila, además de una alta cantidad de organismos de la especie *Cetengraulis mysticetus* y *Opisthonema spp.*, cuya principal fuente de alimento como grupos pertenecientes a las anchoas y sardinas respectivamente, lo constituyen tanto el zooplancton como el fitoplancton marino (Moser, 1996; Fernández-Álamo y Färber-Lorda, 2006).

## **7.6. Aspectos ecológicos para la conservación**

Por otra parte, se debe puntualizar que la región de estudio es un importante corredor pesquero, por lo que la información generada en este estudio aporta elementos que pueden ser utilizados para diseñar un aprovechamiento adecuado de los recursos marinos. De acuerdo con Valdez-Pineda (2015) la pesca ribereña de escama marina en Nayarit opera sobre 37 familias, 66 géneros y 89 especies. Las familias mejor representadas por su número de especies son Carangidae con

13 especies, Haemulidae con 9 y Lutjanidae con 7. De los cuales la familia Carangidae y Haemulidae fueron registrados en este trabajo, pero no la familia Lutjanidae, lo que precisa en la pertinencia de estudios que conlleven a la protección de áreas y momentos de mayor actividad de desove mediante vedas, particularmente en las especies de interés comercial en la región; así como la realización de estudios con mayores alcances espacio-temporales para detectar la posible presencia de larvas de la familia Lutjanidae, que han sido documentados en otros trabajos en zonas oceánicas del GC (Sala *et al.*, 2003) y estadios juveniles en lagunas costeras de la entidad (Álvarez-Rubio *et al.* 1984; Amezcua-Linares *et al.* 1987).

Cabe añadir que el grupo de los Clupeiformes, representado en este trabajo por *Opisthonema spp.* y *Cetengraulis mysticetus*, son considerados componentes importantes de los ecosistemas costeros ya que forman parte primordial de la trama trófica, y la economía pesquera y representan una cuarta parte de la captura de peces en todo el mundo (Moser 1996). Su aprovechamiento en la región del PT, GC y PN representa el 30% de la captura nacional de pelágicos menores (SAGARPA, 2012). Por lo tanto, ambos taxones figuran como entidades clave de la actividad reproductiva en la zona estudiada, no obstante habría que mencionar que nuevos estudios podrían estar dirigidos en identificar la temporada de mayor actividad de desove, proporcionar elementos sobre el rol trófico y su relación con la alta productividad primaria y secundaria que se genera tanto en la zona de influencia de la pluma de río Santiago como en los ambientes costeros adyacentes.

Referente a las zonas insulares, habría que referir que actualmente Islas Marietas, e Isla Isabel fungen como reservas naturales protegidas por autoridades ambientales mexicanas, aunque en ésta última existe poca regulación en las artes de pesca. A pesar de que, Isla del Coral no cuenta con ningún estatus de conservación por parte de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, se ha declarado como área protegida por acciones comunitarias y concesiones locales. Dicha estrategia podría promover la protección de las zonas insulares y evitar el colapso de las poblaciones de peces susceptibles de captura al fungir como zonas

de reproducción. Por lo anterior, estos sistemas podrían exportar adultos y larvas de peces a zonas que no tienen ninguna protección, y ayudar a mantener y restaurar poblaciones fuera de las reservas (Aburto-Oropeza *et al.*, 2008). De ahí que, grupos multidisciplinarios de trabajo podrían incidir sobre procesos de mejora para el aprovechamiento de los recursos en la zona estudiada, ya que en los últimos años los sistemas insulares mencionados, han sido objeto de actividades eco-turísticas escasamente reguladas.

## 8. CONCLUSIONES

Durante la temporada de estiaje, la zona de estudio de la pluma y el frente del río Santiago presentó dos masas de agua (Agua Subtropical Subsuperficial, Agua Superficial Tropical), y agua Transicional que muestra su carácter transicional y la influencia de descargas continentales. Así mismo, los datos hidrográficos mostraron una alta variabilidad espacio-temporal, que forma ambientes definidos para la distribución de asociaciones larvas de peces significativamente diferentes.

Las asociaciones de larvas de peces en las islas presentaron baja pero particular riqueza específica con respecto al frente y pluma de río, las cuales mostraron una alta abundancia y riqueza específica. Los sistemas estudiados (pluma y frente del río Santiago, e islas de Nayarit) constituyen sitios de importancia para el desarrollo de larvas de peces de distintos ambientes y hábitos de la región, entre las que se incluyen un alto número de especies de interés pesquero.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Aburto-Oropeza, O., Erisman, B., Valdéz-Ornelas, V., Danemann, G. D., Torreblanca-Ramírez, E., Silvia Ramirez, J. T. y Ortuño Manzanares, G. 2008. Serránidos de Importancia Comercial del Golfo de California: Ecología, Pesquerías y Conservación. *PRONATURA. Ciencia y Conservación*, 1: 1-44.
- Acal, D. E. y Corro-Espinosa, D. 1994. Reproducción y distribución de peces clupeidos en el sur del Golfo de California y Golfo de Tehuantepec, México. *Revista de Biología tropical*, 42 (1-2): 239-261.
- Aceves-Medina, G., Jiménez-Rosenberg, S. P. A., Hinojosa-Medina, A., Funes-Rodríguez, R., Saldierna, R. J., Lluch-Belda, D., Smith, P. E. y Watson, W. 2003. Fish larvae from the Gulf of California. *Scientia Marina*, 67 (1): 1-11. doi: 10.3989/scimar.2003.67n11.
- Aceves-Medina, G., Saldierna-Martínez, R., Hinojosa-Medina, A., Jiménez-Rosenberg, S. P. A., Hernández-Rivas, M. E. y Morales-Ávila, R. 2008. Vertical structure of larval fish assemblages during diel cycles in summer and winter in the southern part of Bahía de La Paz, México. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76 (4): 889-901. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2007.08.016>.
- Ahlstrom, E. H. 1984. Ontogeny and systematics of fishes: based on an international symposium dedicated to the memory of Elbert Halvor Ahlstrom. New York, United States: *American Society of Ichthyologists and Herpetologists*. National Marine Fisheries, Service. 760pp.
- Almany, G. R., Berumen, M. L., Thorrold, S. R., Planes, S. y Jones, G. P. 2007. Local Replenishment of Coral Reef Fish Populations in a Marine Reserve. *Science*, 316 (5825): 742-744. doi: 10.1126/science.1140597.
- Álvarez-Rubio, M., Amezcua Linares, F. y Yáñez-Arancibia, A. 1984. Ecología y estructura de las comunidades de peces en el sistema lagunar Teacapán-Agua Brava, Nayarit México. *Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM*. 1-114.
- Amezcua-Linares, F., Álvarez Rubio, M. y Yáñez-Arancibia. 1987. Dinámica y estructura de la comunidad de peces en un sistema ecológico de manglares de la Costa del Pacífico de México, Nayarit. *Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM*. 1-37.
- Anderson, M. J., Gorley, R. N. y Clarke, K. 2008. *PERMANOVA+ For PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods*. . UK: PRIMER-E: Plymouth. 218 pp.

- Andrade-Vera, S., Bonifaz, M. J., Domínguez Granda, L. E. y Marín Jarrín, J. R. 2017. Uso de la zona de rompiente de playas arenosas por larvas de corvina (*Cynoscion* spp.), Provincia del Guayas, Ecuador. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 45 (2): 431-442. doi: 10.3856/vol45-issue2-fulltext-18.
- Apango-Figueroa, E., Sánchez-Velasco, L., Lavín, M. F., Godínez, V. M. y Barton, E. D. 2015. Larval fish habitats in a mesoscale dipole eddy in the Gulf of California. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 103 (Supplement C): 1-12. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2015.05.005>.
- Armsworth, P. R. 2001. Recruitment limitation, population regulation, and larval connectivity in reef fish metapopulations. *Ecology*, 83 (4): 1092-1104.
- Arteaga, E., Criales-Hernández, M. I., Altamar, J. y Manjarrés, L. 2004. Distribution and abundance of fish larvae of the family Lutjanidae in the northeastern Colombian Caribbean during an annual cycle (2000-2001). *Ciencias Marinas*, 30 (3): 381-390.
- Ávalos-García, C., Sánchez-Velasco, L. y Shirasago, B. 2003. Larval fish assemblages in the Gulf of California and their relation to hydrographic variability (autumn 1997-summer 1998). *Bulletin of Marine Science*, 72 (1): 63-76.
- Avendaño-Ibarra, R. 2003. Cambios en la abundancia larval del género *Paralabrax* (*Pisces: Serranidae*) en Bahía Magdalena, durante 1982-1983. (Maestría), Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B. C. S. (930401).
- Avendaño-Ibarra, R., Aceves-Medina, G., Godínez-Domínguez, E., De Silva-Dávila, R., Jiménez-Rosenberg, S. P. A., Urias-Leyva, H. y Robinson, C. J. 2014. Fish larvae from the Gulf of California to Colima, Mexico: An update. *CheckList*, 10 (1): 106-121.
- Azmir, I. A., Esa, Y., Amin, S. M. N., Md Yasin, I. S. y Md Yusof, F. Z. 2017. Identification of larval fish in mangrove areas of Peninsular Malaysia using morphology and DNA barcoding methods. *Journal of Applied Ichthyology*, 33 (5): 998-1006. doi: 10.1111/jai.13425.
- Bailey, K. M. y Houde, E. D. 1989. Predation on Eggs and Larvae of Marine Fishes and the Recruitment Problem. In J. H. S. Blaxter y A. J. Southward (Eds.), *Advances in Marine Biology*, Vol. 25, 83pp.
- Baldwin, C. C. 2013. The phylogenetic significance of colour patterns in marine teleost larvae. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 168 (3): 496-563. doi: [doi:10.1111/zoj.12033](https://doi.org/10.1111/zoj.12033).
- Balon, E. K. 1975. Terminology of Intervals in Fish Development. *Department of Zoology, University of Guelph, Guelph, Ont. N1G2W1*, 32 (9): 1663-1670.

- Baumgartner, T., Durazo, R., Lavaniegos, B., Gaxiola, G., Gómez, J. y García, J. 2008. Ten years of change from IMECOCAL observations in the southern region of the California Current Ecosystem. *Globec International Newsletter*, 14 (2): 43-54.
- Beldade, R., Holbrook, S. J., Schmitt, R. J., Planes, S. y Bernardi, G. 2016. Spatial patterns of self-recruitment of a coral reef fish in relation to island-scale retention mechanisms. *Molecular Ecology*, 25 (20): 5203-5211. doi: 10.1111/mec.13823.
- Benítez-Valle, C., Ruiz-Velazco, A. J. M. d. J., Peña-Messina, E., Blanco y Correa, M., López-Rivas, C., López-Lugo, P. y Castañeda-Martínez, A. 2007. Diversidad y abundancia de la comunidad de peces del estero "El Custodio", Municipio de Compostela, Nayarit, México. *REDVET. Revista electrónica de Veterinaria*, 8 (5): 1-13.
- Bottesch, M., Gerlach, G., Halbach, M., Bally, A., Kingsford, M. J. y Mouritsen, H. 2016. A magnetic compass that might help coral reef fish larvae return to their natal reef. *Current Biology*, 26 (24): 266-267. doi: 10.1016/j.cub.2016.10.051.
- Brothers, E. B., Williams, D. M. y Sale, P. F. 1983. Length of larval life in twelve families of fishes at "One Tree Lagoon", Great Barrier Reef, Australia. *Marine Biology*, 76 (3): 319-324. doi: 10.1007/BF00393035.
- Brown, C. A., Holt, S. A., Jackson, G. A., Brooks, D. A. y Holt, G. J. 2004. Simulating larval supply to estuarine nursery areas: how important are physical processes to the supply of larvae to the Aransas Pass Inlet? *Fisheries Oceanography*, 13 (3): 181-196. doi: 10.1111/j.1365-2419.2004.00285.
- James, M. K., Armsworth, P. R., Mason, L. B. y Bode, L. 2002. The structure of reef fish metapopulations: modelling larval dispersal and retention patterns. *The Royal Society*, 269: 2079-2086. doi: 10.1098/rspb.2002.2128.
- Caley, M. J., Carr, M. H., Hixon, M. A., Hughes, T. P., Jones, G. P. y Menge, B. A. 1996. Recruitment and the local dynamics of open marine populations. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 27: 477-500.
- Carreón, L. B., Martínez, L. B., Wellband, K. W., Johnson, T. B., Ludsin, S. A. y Heath, D. D. 2014. Novel molecular approach demonstrates that turbid river plumes reduce predation mortality on larval fish. *Molecular Ecology*, 23 (21): 5366-5377. doi: 10.1111/mec.12927.
- Carriquiry, J. D. y Reyes-Bonilla, H. 1997. Estructura de la comunidad y distribución geográfica de los arrecifes coralinos de Nayarit, Pacífico de México. *Ciencias Marinas*, 23 (2): 227-248.

- Castro-Aguirre, J. L., Balarty, E. F. y Arvizu-Martinez, J. 1995. Contribución al conocimiento del origen y distribución de la ictiofauna del Golfo de California, México *Hidrobiológica*, 5 (1-2): 57-78.
- Cepeda-Morales, J., Hernández-Vásquez, F., Rivera-Caicedo, J., Romero-Bañuelos, C. A., Inda-Díaz, E. A. y Hernández-Almeida, O. 2017. Variabilidad estacional de clorofila y temperatura superficial del mar satelital en la plataforma continental de Nayarit, México. *Bio Ciencias*, 4 (6): 1-17.
- CICESE. 2019. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Calendarios de marea. Revisado Febrero 2019, disponible <http://predmar.cicese.mx/calendarios/>.
- Clarke, K., Gorley, R. N., Somerfield, P. J. y Warwick, R. M. 2014. Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation. 3 ed. UK: Primer-E: Plymouth. 262 pp.
- Contreras-Catala, F., Sánchez-Velasco, L., Lavín, M. F. y Godínez, V. M. 2012. Three-dimensional distribution of larval fish assemblages in an anticyclonic eddy in a semi-enclosed sea (Gulf of California). *Journal of Plankton Research*, 34 (6): 548-562. doi: 10.1093/plankt/fbs024.
- Contreras-Catala, F., Sánchez-Velasco, L., Beier, E. y Godínez, V. M. 2015. Efectos de un remolino de mesoescala sobre la distribución de larvas de peces mesopelágicas en el Golfo de California. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 50 (3): 575-582. doi: 10.4067/s0718-19572015000400014.
- Contreras-Catala, F., Sánchez-Velasco, L., Beier, E., Godínez, V. M., Barton, E. D. y Santamaría-Del-Angel, E. 2016. Effects of Geostrophic Kinetic Energy on the Distribution of Mesopelagic Fish Larvae in the Southern Gulf of California in Summer/Fall Stratified Seasons. *PLoS One*, 11 (10): 1-27. doi: 10.1371/journal.pone.0164900.
- Corro-Espinosa, D. 1985. Composición taxonómica, distribución de la abundancia y diversidad del ictioplancton en el Golfo de California. (Licenciatura), Universidad Nacional Autónoma de México, México D. F.
- Cowen, R. K., Kamazima, L. M., Sponaugle, S., Paris, C. B. y Olson, D. B. 2000. Connectivity of Marine Populations: Open or Closed? *Science*, 287 (5454): 857-859.
- Criales-Hernández, M., Arteaga, É. y Manjarrés, L. 2003. Distribución espacio-temporal y tallas de las larvas de tres especies de lutjánidos en el área norte del Caribe colombiano. *Rev. Acad. Colomb. Cienc*, 27 (102): 85-91.
- Curry, J. R. y Moore, D. G. 1963. Sedimentos e Historia de la Costa de Nayarit, México. *Geología Mexicana*, 26 (2): 107-116.



- Chiyuki, S., Kawaguchi, K., Hirota, Y. y Ishida, M. 2004. Distribution patterns of larval myctophid fish assemblages in the subtropical-tropical waters of the western North Pacific. *Fisheries Oceanography*, 13 (4): 267-282. doi: 10.1111/j.1365-2419.2004.00289.
- Churchill, J. H., Forward, R. B., Luettich, R. A., Hench, J. L., Hettler, W. F., Crowder, L. B. y Blanton, J. O. 1999. Circulation and larval fish transport within a tidally dominated estuary. *Fisheries Oceanography*, 8 (1): 173-189. doi: 10.1046/j.1365-2419.1999.00025.
- D´Croz, L., Robertson, D. R. y Martínez, J. A. 1999. Cross-shelf distribution of nutrients, plankton, and fish larvae in the San Blas Archipelago, Caribbean Panamá. *Revista de biología tropical*, 47 (1-2): 203-215.
- Danell-Jiménez, A., Sánchez-Velasco, L., Lavín, M. F. y Marinone, S. G. 2009. Three-dimensional distribution of larval fish assemblages across a surface thermal/chlorophyll front in a semi enclosed sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 85 (3): 487-496. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2009.09.010>.
- Davies, S. M., Sánchez-Velasco, L., Beier, E., Godínez, V. M., Barton, E. D. y Tamayo, A. 2015. Three-dimensional distribution of larval fish habitats in the shallow oxygen minimum zone in the eastern tropical Pacific Ocean off Mexico. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 101 (Supplement C): 118-129. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2015.04.003>.
- De Macedo-Soares, L. C. P., Garcia, C. A. E., Freire, A. S. y Muelbert, J. H. 2014. Large-scale ichthyoplankton and water mass distribution along the South Brazil shelf. *PLoS One*, 9 (3): e91241. doi: 10.1371/journal.pone.0091241.
- Dustan, P. y Pinckney-James, L. J. 1989. Tidally induced estuarine phytoplankton patchiness. *Limnology Oceanography*, 34 (2): 410-419.
- Erisman, B. E., Galland, G. R., Mascareñas, I., Moxley, J., J., W. H., Aburto-Oropeza, O., Hastings, P. y Ezcurra, E. 2011. List of coastal fishes of Islas Marías archipelago, Mexico, with comments on taxonomic composition, biogeography, and abundance. *Zootaxa*, 2985: 26-40.
- Espinosa-Pérez, H. 1993. Riqueza y Diversidad de Peces. *Ciencias*, 77-84.
- Feeney, R., Lavenberg, R. y Pitman, R. 2010. Descripción de una larva completa de *Liopropoma* del Golfo de California (México) y su comparación con *L. fasciatum* y *L. longilepis* (Actinopterygii: Epinephelidae). *Ciencias Marinas*, 36 (1): 83-89.
- Fernández-Álamo, M. A. y Färber-Lorda, J. 2006. Zooplankton and the oceanography of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*, 69 (2-4): 318-359. doi: 10.1016/j.pocean.2006.03.003

- Fiedler, P. C. y Talley, L. D. 2006. Hydrography of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*, 69 (2-4): 143-180. doi: 10.1016/j.pocean.2006.03.008.
- Field, J. G., Clarke, K. R. y Warwick, R. M. 1982. A practical strategy for analyzing multispecies distribution patterns. *Marine Ecology Progress Series*, 8: 37-52.
- Fisher, R. 2005. Swimming speeds of larval coral reef fishes: impacts on self-recruitment and dispersal. *Marine Ecology Progress Series*, 285: 223-232.
- Fisher, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, E. J. y Niem, V. H. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. *Pacífico Centro-Oriental. Vertebrados-Parte 2*. Vol. 3.
- Flores-Coto, C., Sánchez Ramírez, M. y Zavala García, F. 1998. Morfología externa del desarrollo larvario de *Hemicaranx amblyrhynchus* (Pisces: Carangidae) del sur del Golfo de México. *Revista de Biología Tropical*, 46 (2): 431-438.
- Flores-Coto, C., Figueroa-Páez, P. y Zavala-García, F. 1999. Distribución y abundancia de larvas de Sciaenidae en la columna de agua, en el sur del Golfo de México. Primavera. *Hidrobiológica*, 9 (2): 135-144.
- Flores-Coto, C., Zavala-García, F., Funes-Rodríguez, R., Espinosa-Fuentes, M. d. I. L. y Zavala-Hidalgo, J. 2008. Larval abundance variation of *Bregmaceros cantori* Milliken & Houde, 1984, related to the El Niño events (1987-1996), southern Gulf of Mexico. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 43 (1): 91-98.
- Flores-Morales, A. L., Parés-Sierra, A. y Marinone, S. G. 2009. Factors that modulate the seasonal variability of the sea surface temperature of the Eastern Tropical Pacific. *Geofísica Internacional*, 48 (3): 337-349.
- Franco-Gordo, C., Godínez-Domínguez, E. y Suárez-Morales, E. 2002. Larval fish assemblages in waters off the central Pacific coast of Mexico. *Journal of Plankton Research*, 24 (8): 775-784.
- Franco-Gordo, C., Godínez-Domínguez, E., Suárez-Morales, E. y Vásquez-Yeomans, L. 2003. Diversity of ichthyoplankton in the central Mexican Pacific: a seasonal survey. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 57 (1-2): 111-121. doi: 10.1016/s0272-7714(02)00335-9.
- Freitas, D. M. d. y Muelbert, J. H. 2004. Ichthyoplankton distribution and abundance off southeastern and southern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47 (4): 601-612.
- Froese, R. y Pauly, D. 2018. FishBase. World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), version (06/2018).

- Funes-Rodríguez, R., Fernández Álamo, M. A. y González Armas, R. 1998a. Larvas de peces recolectadas durante dos eventos el niño en la Costa Occidental de Baja California Sur, México 1958-1959 y 1983-1984. *Oceánides*, 13 (1): 67-75.
- Funes-Rodríguez, R., González-Armas, R. y Avendaño-Ibarra, R. 1998b. Distribución y abundancia de las larvas de peces en el sistema lagunar de Bahía Magdalena-Almejas, Baja California Sur, México. *Hidrobiológica*, 8 (1): 55-66.
- Funes-Rodríguez, R., Zárate-Villafranco, A., Hinojosa-Medina, A., González-Armas, R. y Hernández-Trujillo, S. 2011. Mesopelagic fish larval assemblages during El Niño-southern oscillation (1997-2001) in the southern part of the California Current. *Fisheries Oceanography*, 20 (4): 329-346. doi: 10.1111/j.1365-2419.2011.00587.
- Galván-Villa, C. M., Arreola-Robles, J. L., Ríos-Jara, E. y Rodríguez-Zaragoza, F. A. 2010. Ensamblajes de peces arrecifales y su relación con el hábitat bentónico de la Isla Isabel, Nayarit, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 45 (2): 311-324.
- García-Ramírez, M. E. y Lozano-Vilano, M. D. L. 1992. Lista revisada de los peces marinos costeros de Nayarit, México. *Publicaciones Biológicas F. C. B./U. A. N. L.*, 6 (2): 124-132.
- Garvine, R. W. y Monk, J. D. 1974. Frontal structure of a river plume. *Journal of Geophysical Research*, 79 (15): 2251-2259. doi: 10.1029/JC079i015p02251.
- Godínez, V. M., Beier, E., Lavín, M. F. y Kurczyn, J. A. 2010. Circulation at the entrance of the Gulf of California from satellite altimeter and hydrographic observations. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 115 (C4). doi: doi:10.1029/2009JC005705.
- Gómez-Valdivia, F., Parés-Sierra, A. y Flores-Morales, A. L. 2015. The Mexican Coastal Current: A subsurface seasonal bridge that connects the tropical and subtropical Northeastern Pacific. *Continental Shelf Research*, 110: 100-107. doi: <https://doi.org/10.1016/j.csr.2015.10.010>.
- González-Armas, R., Funes-Rodríguez, R. y Amador-Buenrostro, A. 2008. Estructura de la comunidad de larvas de peces en una montaña submarina del Golfo de California. *Hidrobiológica*, 18: 77-88.
- González-García S. A., Bojórquez Serrano, J. I., Nájera González, O., García Paredes, J. D., Madueño Molina, A. y Flores Vilchez, F. 2009. Regionalización ecológica de la llanura costera norte de Nayarit, México. *Investigaciones Geográficas*, 21-32.

- González-Luna, C., Anatoliy, F., Omar, M. y Iryna, T. 2019. Análisis espectral y dispersión superficial de detritos suspendidos en la Bahía de Banderas mediante imágenes de satélite. *Revista Cartográfica*, 223-237. doi: 10.35424/rcar.v5i98.148.
- González-Navarro, E. A., Saldierna-Martínez, R. J., Aceves-Medina, G. y Jiménez-Rosenberg, S. P. A. 2013. Atlas de identificación de larvas de peces de la subdivisión Elepomorpha del Pacífico Mexicano. *CICIMAR Oceánides*, 28 (2): 7-40.
- González-Quirós, R., Pascual, A., Gomis, D. y Anadón, R. 2004. Influence of mesoscale physical forcing on trophic pathways and fish larvae retention in the central Cantabrian Sea. *Fisheries Oceanography*, 13 (6): 351-364. doi: 10.1111/j.1365-2419.2004.00295.
- Govoni, J. J. 1993. Flux of Larval Fishes Across Frontal Boundaries: Examples from the Mississippi River Plume Front and the Western Gulf Stream Front in Winter. *Bulletin of Marine Science*, 53 (2): 538-566.
- Greenfield, D. W., Hensley, D., Wiley, J. W. y Ross, S. T. 1970. The Isla Jaltemba Coral Formation and its Zoogeographical Significance. *Copeia*, 1: 180-181.
- Hare, J. A., Fahay, M. P. y Cowen, R. K. 2001. Springtime ichthyoplankton of the slope region off the north-eastern United States of America: larval assemblages, relation to hydrography and implications for larval transport. *Fisheries Oceanography*, 10 (2): 164-192.
- Heath, M. R. 1992. Field Investigations of the Early Life Stages of Marine Fish Vol. 28: Academic Press. 174 pp.
- Hernández-Guzmán, R., Ruiz-Luna, A. y Cervantes-Escobar, A. 2018. Environmental flow assessment for rivers feeding a coastal wetland complex in the Pacific coast of northwest Mexico. *Water and Environment*, 1-11. doi: 10.1111/wej.12423.
- Hetland, R. D. y Hsu, T. J. 2013. Freshwater and sediment dispersal in large river plumes. In M. A. Allison, T. S. Bianchi y W.-J. Cai (Eds.), *Biogeochemical Dynamics at Major River-Coastal Interfaces: Linkages with Global Change*. Cambridge: Cambridge University Press. 55-85pp.
- Hogan, J. D., Sale, P. F., Thiessen, R. J. y Heath, D. D. 2011. Local retention, dispersal and fluctuating connectivity among populations of a coral reef fish. *Oecologia*, 1-13. doi: 10.1007/s00442-011-2058-1.
- Hsieh, H.-Y., Lo, W.-T., Wu, L.-J. y Liu, D.-C. 2012. Larval fish assemblages in the Taiwan Strait, western North Pacific: linking with monsoon-driven mesoscale current system. *Fisheries Oceanography*, 21 (2/3): 125-147. doi: 10.1111/j.1365-2419.2011.00612.

- Inda-Díaz, E. A., Sánchez-Velasco, L. y Lavín, M. F. 2010. Three-dimensional distribution of small pelagic fish larvae (*Sardinops sagax* and *Engraulis mordax*) in a tidal-mixing front and surrounding waters (Gulf of California). *Journal of Plankton Research*, 32 (9): 1241-1254. doi: 10.1093/plankt/fbq051.
- Inda-Díaz, E. A., Domínguez-Ojeda, D., Romero-Bañuelos, C. A., Nieto Navarro, J. T. y Cepeda-Morales, J. 2013. El zooplancton marino de la costa de Nayarit, México. *Revista Fuente nueva época*, 14: 45-57.
- Inda-Díaz, E. A., Sánchez-Velasco, L. y F. Lavín, M. 2014. The effects of a tidal-mixing front on the distribution of larval fish habitats in a semi-enclosed sea during winter. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 94: 1-14. doi: 10.1017/S002531541400023X.
- INEGI. 2000. Síntesis de información geográfica del estado de Nayarit. México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI. 2018. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Consultado Marzo/2018, disponible <http://www.beta.inegi.org.mx/app/indicadores>.
- Irisson, J.-O., LeVan, A., De Lara, M. y Planesa, S. 2004 Strategies and trajectories of coral reef fish larvae optimizing self-recruitment. *Journal of Theoretical Biology*, (227): 205-218. doi: 10.1016/j.jtbi.2003.10.016.
- Jiang, M., Li, L., Shen, X. Q. y Quan, W. M. 2016. Comparison of inshore and offshore fish larval assemblages within the wider Yangtze River estuary (China). *Journal of Applied Ichthyology*, 32 (1): 97-104. doi: 10.1111/jai.12933.
- Jiménez-Rosenberg, S. P. A. 1998. Descripción del desarrollo larvario de *Eucinostomus gracilis* y larvario y juvenil de *Eucinostomus dowii* y *Diapterus peruvianus*. (Maestría), Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B. C. S.
- Jiménez-Rosenberg, S. P. A., González-Navarro, E. A. y Saldierna-Martínez, R. J. 2003. Larval, pre juvenile and juvenile development of *Diapterus peruvianus* (Perciformes: Gerreidae). *Revista de Biología Tropical*, 51 (2): 479-488.
- Jiménez-Rosenberg, S. P. A., González-Navarro, E. A. y Saldierna-Martínez, R. J. 2006. Larval, prejuvenile and juvenile development of *Eucinostomus currani*. *Journal of Fish Biology*, 69: 28-37. doi: doi:10.1111/j.1095-8649.2006.01029.x, available online at <http://www.blackwell-synergy.com>.
- Johns, E. M., Muhling, B. A., Perez, R. C., Müller-Karger, F. E., Melo, N., Smith, R. H., Lamkin, J. T., Gerard, T. L. y Malca, E. 2014. Amazon River water in the northeastern Caribbean Sea and its effect on larval reef fish assemblages during April 2009. *Fisheries Oceanography*, 23 (6): 472-494. doi: 10.1111/fog.12082.

- Jones, G. P., Milicich, M. J., Emslie, M. J. y Lunow, C. 1999. Self-recruitment in a coral reef fish population. *Nature*, 402 (6763): 802-804.
- Juárez-Olvera, C. d. C. 1991. Distribución y abundancia de larvas de Myctophidae en el Golfo de California, primavera 1985. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*, 51 (135-136): 87-96.
- June, F. C. 1953. Spawning of yellowfin tuna in Hawaiian waters. *Fillery Bulletin of the Fish and Wildlife Service*, 54: 47-64.
- Kahrul, M., Elken, J., Kotta, I., Simm, M. y Vilbaste, K. 1984. Plankton distributions and processes across a front in the open Baltic Sea. *Marine Ecology-Progress Series*, 20: 101-111.
- Katsuragawa, M., Zani-Teixeira, M. d. L., Goçalo, C. G., Ohkawara, M. H. y Itagaki, M. K. 2011. Ichthyoplankton distribution and abundance in the northern Todos os Santos and Camamu Bays, Bahia State-Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 59: 97-109.
- Keane, J. P. y Neira, F. J. 2008. Larval fish assemblages along the south-eastern Australian shelf: linking mesoscale non-depth-discriminate structure and water masses. *Fisheries Oceanography*, 17 (4): 263-280. doi: 10.1111/j.1365-2419.2008.00478.
- Kessler, W. S. 2002. Mean Three-Dimensional Circulation in the Northeast Tropical Pacific. *Journal of Physical Oceanography*, 32 (9): 2457-2471. doi: 10.1175/1520-0485-32.9.2457.
- Kessler, W. S. 2006. The circulation of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*, 69 (2): 181-217. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2006.03.009>.
- Kingsford, M. J., Leis, J. M., Shanks, A., Lindeman, K. C., Morgan, S. G. y Pineda, J. 2002. Sensory environments, larval abilities and local self-recruitment. *Bulletin of Marine Science*, 70 (1): 309-340.
- Klawe, W. L. 1960. Larval Tunas from the Florida Current. *Bulletin of Marine Science*, 10 (2): 227-233.
- Koslow, J. A. y Wright, M. 2016. Ichthyoplankton sampling design to monitor marine fish populations and communities. *Marine Policy*, 68: 55-64. doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.02.011>.
- Kramer, D., Kalin, M. J., Stevens, E. G., Thrailkill, J. R. y Zweifel, J. R. 1972. Collecting and Processing Data on Fish Eggs and Larvae in the California Current Region. *National Marine Fisheries Service*, 370 1-38. doi: 10.4159/harvard.9780674493537.c6.

- Kurczyn, J. A., Beier, E., Lavin, M. F. y Chaigneau, A. 2012. Mesoscale eddies in the northeastern Pacific tropical-subtropical transition zone: Statistical characterization from satellite altimetry. *Journal of Geophysical research-oceans*, 117: C10021. doi: 10.1029/2012JC007970.
- Kurczyn, J. A., Beier, E., Lavin, M. F., Chaigneau, A. y Godínez, V. M. 2013. Anatomy and evolution of a cyclonic mesoscale eddy observed in the northeastern Pacific tropical-subtropical transition zone. *Journal of Geophysical Research*, 118 (11): 5931-5950. doi: 10.1002/2013JC20437.
- Largier, J. L. 1993. Estuarine Fronts: How Important Are They? *Estuaries*, 16 (1): 1-11.
- Lavín, M. F. y Marinone, S. G. 2003. An Overview of the Physical Oceanography of the Gulf of California. *Departamento de Oceanografía Física CICESE Ensenada, Baja California, Mexico*, 174-204.
- Leis, J. M. y Miller, J. M. 1976. Offshore distributional patterns of Hawaiian fish larvae. *Marine Biology*, 36 (4): 359-367. doi: 10.1007/BF00389198.
- Leis, J. M. 1993. Larval Fish Assemblages Near Indo-Pacific Coral Reefs. *Bulletin of Marine Science*, 53 (2): 362-392.
- Leis, J. M., Sweatman, H. P. A. y Reader, S. E. 1996. What the pelagic stages of coral reef fishes are doing out in blue water: daytime field observations of larval behavioural capabilities. *Mar. Freshwater Res.*, 47: 401-411.
- Leis, J. M., Paris, C. B., Irisson, J. O., Yerman, M. N. y Siebeck, U. E. 2014. Orientation of fish larvae in situ is consistent among locations, years and methods, but varies with time of day. *Marine Ecology Progress Series*, 505: 193-208. doi: 10.3354/meps10792.
- Leis, J. M., Siebeck, U. E., Hay, A. C., Paris, C. B., Chateau, O. y Wantiez, L. 2015. In situ orientation of fish larvae can vary among regions. *Marine Ecology Progress Series*, 537: 191-203. doi: 10.3354/meps11446.
- León-Chávez, C. A., Sánchez-Velasco, L., Beier, E., Lavín, M. F., Godínez, V. M. y Färber-Lorda, J. 2010. Larval fish assemblages and circulation in the Eastern Tropical Pacific in Autumn and Winter. *Journal of Plankton Research*, 32 (4): 397-410. doi: 10.1093/plankt/fbp138.
- León-Chávez, C. A., Beier, E., Sánchez-Velasco, L., Barton, E. D. y Godínez, V. M. 2015. Role of circulation scales and water mass distributions on larval fish habitats in the Eastern Tropical Pacific off Mexico. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 120 (6): 3987-4002. doi: 10.1002/2014jc010289.

- Liste, M., Grifoll, M. y Monbaliu, J. 2014. River plume dispersion in response to flash flood events. Application to the Catalan shelf. *Continental Shelf Research*, 87: 96-108. doi: 10.1016/j.csr.2014.06.007.
- Loeb, V. J., Kellermann, A. K., Koubbi, P., North, A. W. y White, M. G. 1993. Antarctic Larval Fish Assemblages: A Review. *Bulletin of Marine Science*, 53 (2): 416-449.
- Lohrenz, S. E., Dagg, M. J. y Whitley, T. E. 1990. Enhanced primary production at the plume/oceanic interface of the Mississippi River. *Continental Shelf Research*, 10 (7): 639-664. doi: [https://doi.org/10.1016/0278-4343\(90\)90043-L](https://doi.org/10.1016/0278-4343(90)90043-L).
- López-Calderón, J., Manzo-Monroy, H., Santamaría-del-Ángel, E., Castro, R., González-Silvera, A. y Millán-Núñez, R. 2006. Mesoscale variability of the Mexican Tropical Pacific using TOPEX and SeaWiFS data. *Ciencias Marinas*, 32 (3): 539-549. doi: [dx.doi.org/10.7773/cm.v32i3.1125](https://doi.org/10.7773/cm.v32i3.1125).
- López-Chávez, O., Aceves-Medina, G., Saldierna-Martínez, R. J., Jiménez-Rosenberg, S. P., Murad-Serrano, J. P., Marín-Gutiérrez, Á. y Hernández-Hernández, O. 2012. Changes in species composition and abundance of fish larvae from the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *CICIMAR Oceanides*, 27 (2): 1-11.
- López-Sanz, Á., Stelzenmüller, V., Maynou, F. y Sabatés, A. 2011. The influence of environmental characteristics on fish larvae spatial patterns related to a marine protected area: The Medes islands (NW Mediterranean). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 92 (4): 521-533. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2011.02.006>.
- Maeda, K. y Tachihara, K. 2014. Larval fish fauna of a sandy beach and an estuary on Okinawa Island, focusing on larval habitat utilization by the suborder Gobioidae. *Fisheries Science*, 80 (6): 1215-1229. doi: 10.1007/s12562-014-0800-4.
- Mafalda Jr, P., Perez de Rubin, J. y Sampaio de Souza, C. 2008. Relación entre las masas de agua y la composición y distribución de las larvas de peces en el mar de Alborán (Mediterráneo occidental) y estrecho de Gibraltar. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 43 (1): 41-50.
- Marrari, M., Signorini, S. R., McClain, C. R., Pájaro, M., Martos, P., Viñas, M. D., Hansen, J., Dimauro, R., Cepeda, G. y Buratti, C. 2013. Reproductive success of the Argentine anchovy, *Engraulis anchoita*, in relation to environmental variability at a mid-shelf front Southwestern Atlantic Ocean. *Fisheries Oceanography*, 22 (3): 247-261. doi: 10.1111/fog.12019.
- Martínez-Aguilar, T. I., Giraldo, A. y Rodríguez-Rubio, E. 2010. Ictioplancton en la zona costera del Pacífico colombiano durante la fase terminal de El Niño



2006-2007. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 38 (1): 151-166. doi: 10.3856/vol38-issue1-fulltext-14.

- Martínez-Flores, G., Nava Sánchez, E. H. y Zaitzev, O. 2011. Teledetección de plumas de material suspendido influenciadas por escorrentía en el sur del Golfo de California. *CICIMAR Oceánides*, 26 (1): 1-18.
- Matarese, A. C., Kendall, A. W. J., Blood, D. M. y Vinter, B. M. 1989. Laboratory Guide to Early Life History Stages of Northeast Pacific Fishes. United States. *NOAA Technical Report NMFS*, 80: 654p.
- Medrano-González, L. 2006. Hacia una dinámica de la Mastofauna Mexicana: Analisis de composición funcional y de algunas estructuras genéticas poblacionales. Genética y mamíferos mexicanos: presente y futuro. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin*, (32): 9-19.
- MedSudMed. 2011. Identification sheets of early life stages of bony fish (Western Libya, Summer 2006). *MedSudMed Technical Documents*. No18: 251pp.
- Mireles-Loera, I. O., Filonov, A., González-Luna, C. A. y Tereshchenko, I. 2019. La percepción remota en el seguimiento de plumas de detritos en Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35 (3): 671-681. doi: <http://dx.doi.org/10.20937/RICA.2019.35.03.12>.
- Moncayo-Estrada, R., Castro-Aguirre, J. L. y De La Cruz-Agüero, J. 2006. Lista sistemática de la ictiofauna de Bahía de Banderas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 77: 67-80.
- Mora, C. y Sale, P. F. 2002. Are populations of coral reef fish open or closed? *Trends in Ecology & Evolution*, 17 (9): 422-428.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. *M&T-Manuales y Tesis SEA*, vol.1. Zaragoza, 84 pp.
- Morgan, C., A., Robertis, A. D. y Zabel, R. W. 2005. Columbia River plume fronts. Hydrography, zooplankton distribution, and community composition. *Marine Ecology Progress Series*, 299: 19-31.
- Moser, G. H. y Smith, P. E. 1993. Larval Fish Assemblages of the California Current Region and their Horizontal and Vertical Distributions Across a Front. *Bulletin of Marine Science*, 53 (2): 645-691.
- Moser, H. G. 1996. The early stages of fishes in the California current region. *National Marine Fisheries Service Southwest Fisheries Science Center La Jolla*. Ed. E.U. 1517 pp.

- Mullaney, T. J., Gillanders, B. M., Heagney, E. C. y Suthers, I. M. 2014. Entrainment and advection of larval sardine, *Sardinops sagax*, by the East Australian Current and retention in the western Tasman Front. *Fisheries Oceanography*, 23 (6): 554-567. doi: 10.1111/fog.12089.
- Munk, P. 2014. Fish larvae at fronts: Horizontal and vertical distributions of gadoid fish larvae across a frontal zone at the Norwegian Trench. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 107 (Supplement C): 3-14. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2014.01.016>.
- Navarro-Rodríguez, M. C., Flores-Vargas, R. y González Ruelas, M. E. 2002. Variabilidad espacio-temporal de la biomasa zooplanctónica y la estructura termohalina en la zona costera de los Estados de Jalisco y Colima, México. *Boletín de Centro de Investigaciones Biológicas*, 36: 244-265.
- Navarro-Rodríguez, M. C., González Guevara, L. F., Flores Vargas, R., González Ruelas, M. E. y Carrillo González, F. M. 2006. Composición y variabilidad del ictioplancton de la laguna El Quelele, Nayarit, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 41 (1): 35-43.
- Navarro-Rodríguez, M. C., González-Guevara, L. F., Flores-Vargas, R. y Amparan-Salido, R. T. 2015. Variación espacio temporal del ictioplancton en la Laguna El Quelele, Nayarit, México. *Revista Bio Ciencias*, 3 (2): 116-131. doi: 10.15741/revbio.03.02.05.
- Nelson, J. S. 2006. *Fishes of the World* 4 ed. Canada: Wiley. 606pp.
- Ojeda Serrano, E. 2002. Description of larval development of the red hind, *Epinephelus guttatus*, and the spatio-temporal distributions of ichthyoplankton during a red hind spawning aggregation off La Parguera, Puerto Rico. (Doctorado), Universidad de Puerto Rico. Disponible <https://search.proquest.com/docview/304263539?pq-origsite=summon>.
- Olivar, P. M. y Shelton, P. A. 1993. Larval Fish Assemblages of the Benguela Current. *Bulletin of Marine Science*, 53 (2): 450-474.
- Olivar, M. P., Sabatés, A., Alemany, F., Balbín, R., Fernández de Puelles, M. L. y Torres, A. P. 2014. Diel-depth distributions of fish larvae off the Balearic Islands (western Mediterranean) under two environmental scenarios. *Journal of Marine Systems*, 138 (Supplement C): 127-138. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2013.10.009>.
- Ortíz-Galindo, J. L., Matus-Nivón, E., Ramírez-Sevilla, R. y González Acosta, B. 1990. Embrión, larva y prejuvenil del sol mexicano *Achirus mazatlanus* (Pisces: Soleidae). *Revista de Biología Tropical*, 38 (2A): 195-204.
- Ortíz-Galindo, J. L., Castro Aguirre, J. L., Balart, E. y Álvarez-Pliego, N. 2008. Description of early ontogeny and osteological development of streaked

- mojarra *Eugerres lineatus* (Teleostei: Percoidei: Gerreidae). *Zootaxa*, 1911: 1-30.
- Osadchiev, A. y Sedakov, R. 2019. Spreading dynamics of small river plumes off the northeastern coast of the Black Sea observed by Landsat 8 and Sentinel-2. *Remote Sensing of Environment*, 221 522-533. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.11.043>.
- Palomares-García, R. y Vera Alejandre, R. 1995. Predation Upon Larvae of the Pacific Sardine *Sardinops Sagax* by Cyclopoid Copepods. *Journal of Crustacean Biology*, 15 (1): 196-201.
- Pantoja, D. A., Marinone, S. G., Parés-Sierra, A. y Gómez-Valdivia, F. 2012. Modelación numérica de la hidrografía y circulación estacional y de mesoescala en el Pacífico Central mexicano. *Ciencias Marinas*, 38: 363-379.
- Parsons, T. R., Perry, R. I., Nutbrown, E. D., Hsieh, W. y Lalli, C. M. 1983. Frontal zone analysis at the mouth of Saanich Inlet, British Columbia, Canada. *Marine Biology*, 73 (1): 1-5. doi: 10.1007/bf00396279.
- Patrick, P. y Strydom, N. A. 2014. The effects of exposure in sandy beach surf zones on larval fishes. *Journal of Fish Biology*, 84 (5): 1354-1376. doi: 10.1111/jfb.12360.
- Patrick, P., Strydom, N. A. y Wooldridge, T. H. 2007. Composition, abundance, distribution and seasonality of larval fishes in the Mngazi Estuary, South Africa. *African Journal of Aquatic Science*, 32 (2): 113-123. doi: 10.2989/AJAS.2007.32.2.2.199.
- Patrick, P., Strydom, N. A. y Goschen, W. S. 2013. Shallow-water, nearshore current dynamics in Algoa Bay, South Africa, with notes on the implications for larval fish dispersal. *African Journal of Marine Science*, 35 (2): 269-282. doi: 10.2989/1814232X.2013.798593.
- Peguero-Icaza, M., Sánchez-Velasco, L., Lavín, M. F. y Marinone, S. G. 2008. Larval fish assemblages, environment and circulation in a semi-enclosed sea (Gulf of California, Mexico). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 79 (2): 277-288. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2008.04.008>.
- Peiro-Alcantar, M. T., Funes-Rodríguez, R., González-Armas, R., Palomares-García, R., Nevárez-Martínez, M. O. y Shirasago-Germán, B. 2013. Influence of hydrographic conditions on larval fish assemblage structure in the northern Gulf of California. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 48 (3): 535-551. doi: 10.4067/s0718-19572013000300011.
- Polacheck, T., Mountain, D., McMillan, D., Smith, W. y Berrien, P. 1992. Recruitment of the 1987 year class of Georges Bank haddock (*Melanogrammus*

- aeglefinus): the influence of unusual larval transport. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 49 (3): 484-496.
- Portela, E., Beier, E., Barton, E. D., Castro, R., Godínez, V., Palacios-Hernández, E., Fiedler, P. C., Sánchez-Velasco, L. y Trasviña, A. 2016. Water Masses and Circulation in the Tropical Pacific off Central Mexico and Surrounding Areas. *Journal of Physical Oceanography*, 46 (10): 3069-3081. doi: 10.1175/jpo-d-16-0068.1.
- Pritt, J. J., Roseman, E. F., Ross, J. E. y DeBruyne, R. L. 2015. Using Larval Fish Community Structure to Guide Long-Term Monitoring of Fish Spawning Activity. *North American Journal of Fisheries Management*, 35 (2): 241-252. doi: 10.1080/02755947.2014.996687.
- Quintal-Lizama, C. y Vásquez-Yeomans, L. 2001. Asociaciones de larvas de peces en una bahía del Caribe mexicano. *Revista de biología tropical*, 49 (2): 559-570.
- Quiñonez-Velázquez, C., Nevarez-Martínez, M. O. y Gluyas-Millán, M. a. G. 2000. Growth and hatching dates of juvenile pacific sardine *Sardinops caeruleus* in the Gulf of California. *Fisheries research*, 48 (2): 99-106.
- Raya, V. y Sabatés, A. 2015. Diversity and distribution of early life stages of carangid fishes in the northwestern Mediterranean: responses to environmental drivers. *Fisheries Oceanography*, 24 (2): 118-134. doi: 10.1111/fog.12097.
- Reyes-Hernández, C., Ahumada-Sempoal, M. Á. y Durazo, R. 2016. The Costa Rica Coastal Current, eddies and wind forcing in the Gulf of Tehuantepec, Southern Mexican Pacific. *Continental Shelf Research*, 114 1-15. doi: <https://doi.org/10.1016/j.csr.2015.12.012>.
- Richards, W. J. 1985. Status of the identification of the early life stages of fishes. *Bulletin of Marine Science*, 37 (2): 756-760.
- Richards, W. J. 2006. *Early Stages of Atlantic Fishes: An Identification Guide for the Western Central North Atlantic*. Vol. 1 y 2.
- Rivas, L. R. 1954. A Preliminary Report on the Spawning of the Western North Atlantic Bluefin Tuna (*Thunnus Thynnus*) in the Straits of Florida. *Bulletin of Marine Science*, 4 (4): 302-322.
- Rodríguez-Zaragoza, F. A., Cupul-Magaña, A. L., Galván-Villa, C. M., Ríos-Jara, E., Ortiz, M., Robles-Jarero, E. G., López-Uriarte, E. y Arias-González, J. E. 2011. Additive partitioning of reef fish diversity variation: a promising marine biodiversity management tool. *Biodiversity and Conservation*, 20 (8): 1655-1675. doi: 10.1007/s10531-011-0053-9.

- Robertson, D. R. y Allen, G. R. 2015. Peces Costeros del Pacífico Oriental Tropical: sistema de Información en línea. Versión 2.0 Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales. Consultado abril/2018, Disponible <http://biogeodb.stri.si.edu/sftep/es/pages>.
- Rojas-Venegas, P. M. 2017. Diel variation in the vertical distribution of fish larvae forced by upwelling filaments off Punta Angamos (northern Chile). *Submission article platform-Latin American Journal of Aquatic Research*, 42 (3): 401-417.
- Ropke, A. 1993. Do larvae of mesopelagic fishes in the Arabian Sea adjust their vertical distribution to physical and biological gradients? *Marine Ecology Progress Series*, 223-235.
- SAGARPA. 2012. *Carta Nacional Pesquera*. México: Diario Oficial de la Federación.
- Sala, E., Aburto-Oropeza, O., Paredes, G. y Thompson, G. 2003. Spawning aggregations and reproductive behavior of reef fishes in the Gulf of California. *Bulletin of Marine Science*, 72 (1): 103-121.
- Sánchez-Ramírez, M. y Ocaña-Luna, A. 2015. Estructura y variación estacional de la comunidad ictioplanctónica en una laguna hipersalina del oeste del Golfo de México: Laguna Madre, Tamaulipas. *Hidrobiológica*, 25: 175-186.
- Sánchez-Velasco, L., Beier, E., Ávalos-García, C. y Lavín, M. F. 2006. Larval fish assemblages and geostrophic circulation in Bahía de La Paz and the surrounding southwestern region of the Gulf of California. *Journal of Plankton Research*, 28 (11): 1081-1098. doi: 10.1093/plankt/fbl040.
- Sánchez-Velasco, L. S., Jiménez-Rosenberg, P. A. y Lavín, M. F. 2007. Vertical Distribution of Fish Larvae and Its Relation to Water Column Structure in the Southwestern Gulf of California. *Pacific Science*, 61 (4): 521-548.
- Sánchez-Velasco, L., Lavín, M. F., Peguero-Icaza, M., León-Chávez, C. A., Contreras-Catala, F., Marinone, S. G., Gutiérrez-Palacios, I. V. y Godínez, V. M. 2009. Seasonal changes in larval fish assemblages in a semi-enclosed sea (Gulf of California). *Continental Shelf Research*, 29 (14): 1697-1710. doi: <https://doi.org/10.1016/j.csr.2009.06.001>.
- Sánchez-Velasco, L., Lavín, M. F., Jiménez-Rosenberg, S. P. A., Montes, J. M. y Turk-Boyer, P. J. 2012. Larval fish habitats and hydrography in the Biosphere Reserve of the Upper Gulf of California (June 2008). *Continental Shelf Research*, 33 89-99. doi: 10.1016/j.csr.2011.11.009.
- Sánchez-Velasco, L., Lavín, M. F., Jiménez-Rosenberg, S. P. A. y Godínez, V. M. 2013. Preferred larval fish habitat in a frontal zone of the northern Gulf of California during the early cyclonic phase of the seasonal circulation (June

- 2008). *Journal of Marine Systems*, 129 (Supplement C): 368-380. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2013.08.004>.
- Sanvicente-Añorve, L., Flores-Coto, C. y Sánchez-Velasco, L. 1998. Spatial and seasonal patterns of larval fish assemblages in the southern Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science*, 62 (1): 17-30.
- Schaefer, M. B. y Marr, J. C. 1948. Spawning of yellowfin tuna (*Neothunnus macropterus*) and skipjack (*Katsuwonus pelamis*) in the Pacific Ocean off central America, with descriptions of juveniles. *Fishery Bulletin of the Fish and Wildlife Service*, 51: 187-195.
- SEMARNAT. 2007. Programa de Conservación y Manejo Parque Nacional Islas Marietas, México. México.
- Sigman, D. M. y Hain, M. P. 2012. The Biological Productivity of the Ocean. *Nature Education Knowledge*, 3 (10): 21.
- Silva-Segundo, C. A. 2005. Asociaciones espacio-temporales de larvas de peces y su relación con las condiciones ambientales de las costas de Jalisco y Colima, México. (Maestría), Instituto Politécnico Nacional, La Paz B. C. S. México. (B031465).
- Simpson, S. D., Piercy, J. J. B., King, J. y Codling, E. A. 2013. Modelling larval dispersal and behaviour of coral reef fishes. *Ecological Complexity*, 16: 68-76. doi: [10.1016/j.ecocom.2013.08.001](https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2013.08.001).
- Siqueiros-Beltrones, D. A. y De La Cruz Agüero, J. 2015. Examen filosófico de las listas sistemáticas como informes científicos; y por que deben ser publicados. En CICIMAR (Ed.), Ensayos en Filosofía Científica. *Oceánidades*. México. 101-110 pp.
- Smith y Richardson. 1979. The Regional training workshop on larval fish identification and fish early life history science Vol. 175: FAO. Fisheries Technical Paper. 1-113 p.
- Sponaugle, S., Fortuna, J., Grorud, K. y Lee, T. 2003. Dynamics of larval fish assemblages over a shallow coral reef in the Florida Keys. *Marine Biology*, 143 (1): 175-189. doi: [10.1007/s00227-003-1059-y](https://doi.org/10.1007/s00227-003-1059-y).
- Swearer, S. E., Caselle, J. E., Lea, D. W. y Warner, R. R. 1999. Larval retention and recruitment in an island population of a coral reef-fish. *Nature*, 402: 799-802.
- Takahashi, M., Nishida, H., Yatsu, A. y Watanabe, Y. 2008. Year-class strength and growth rates after metamorphosis of Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*) in the western North Pacific Ocean during 1996–2003. *Canadian Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 65 (7): 1425-1434. doi: [10.1139/F08-063](https://doi.org/10.1139/F08-063).

- Takasuka, A., Oozeki, Y., Kimura, R., Kubota, H. y Aoki, I. 2004. Growth-selective predation hypothesis revisited for larval anchovy in offshore waters: Cannibalism by juveniles versus predation by skipjack tunas. 278pp.
- Teixeira-Bonecker, A. C., Katsuragawa, M., Salustiano de Castro, M., Pinto Gomes, E. d. A., Pereira Namiki, C. A. y Zani-Teixeira, M. d. L. 2012. Larval fish of the Campos Basin, southeastern Brazil. *CheckList*, 8 (6): 1280-1291.
- Thorrold, S. R. 1995. Response of larval fish assemblages to a riverine plume in coastal waters of the central Great Barrier Reef lagoon. *Limnology Oceanography*, 40 (1): 177-181.
- Torres-Orozco, E., Trasviña, A., Muhlia-Melo, A. y Ortega-García, S. 2005. Mesoscale dynamics and yellowfin tuna catches in the Mexican Pacific. *Ciencias Marinas*, 31 (4): 671-683.
- Tripp-Valdez, A. 2010. Comparación de dos enfoques metodológicos para el análisis de la estructura trófica de la ictiofauna de fondos blandos de las costas de Nayarit, México. (Doctorado). Instituto Politécnico Nacional, La Paz B. C. S. México. (B061152).
- Uncles, R. J. 2011. Small-Scale Surface Fronts in Estuaries *Treatise on Estuarine and Coastal Science*. Ucrania. 53-74pp.
- Valdez-Pineda, M. C. 2015. Indicadores pesqueros y ecológicos de la comunidad íctica de la pesca ribereña de escama marina en Nayarit. 2009-2010. (Doctorado). Universidad Autónoma de Nayarit, Xalisco, Nayarit.
- Vásquez-Yeomans, L. y Richards, W. J. 1999. Variación estacional del ictioplancton de la Bahía de la Ascensión, Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an (1990-1994). *Revista de biología tropical*, 47 (4): 197-208.
- Vélez, J., Watson, W., Arntz, W., Wolff, M. y Schnack-Schiel, S. 2005. Larval fish assemblages in Independencia Bay, Pisco, Peru: temporal and spatial relationships. *Marine Biology*, 147 (1): 77-91. doi: 10.1007/s00227-004-1535-z.
- Wade, C. B. 1951. Larvae of tuna and Tuna-like fishes from Philippine waters. *Fillery Bulletin of the Fish and Wildlife Service*, 51: 445-485.
- Wargo, A. M., Tilburg, C. E., Driggers, W. B. y Sulikowski, J. A. 2009. Observations on the Distribution of Ichthyoplankton within the Saco River Estuary System. *Northeastern Naturalist*, 16 (4): 647-654.
- Warrick, J. A. y Farnsworth, K. L. 2017. Coastal river plumes: Collisions and coalescence. *Progress in Oceanography*, 151 (Supplement C): 245-260. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2016.11.008>.

- Whitehead, P., Nelson, G. J. y Wongratana, T. 1988. Clupeoid fishes of the world (Suborder Clupeioidi). An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, shads, anchovies, and wolf-herrings. Part 2. Engraulididae. *FAO Species Catalogue*. Vol.7.
- Willett, C. S., Leben, R. R. y Lavín, M. F. 2006. Eddies and Tropical Instability Waves in the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*, 69 (2): 218-238. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2006.03.010>.
- Wyrtki, K. 1966. Oceanography of the eastern equatorial Pacific Ocean. *Oceanography Marine Biology*, (4): 33-68.
- Xu, Y., Rose, K. A., Chai, F., Chavez, F. P. y Ayón, P. 2015. Does spatial variation in environmental conditions affect recruitment? A study using a 3-D model of Peruvian anchovy. *Progress in Oceanography*, 138 (Part B): 417-430. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2015.04.002>.
- Zamudio, L., Hurlburt, H. E., Metzger, E. J. y Tilburg, C. E. 2007. Tropical wave-induced oceanic eddies at Cabo Corrientes and the María Islands, Mexico. *Journal of Geophysical Research*, 112: 1-17. doi: [doi:10.1029/2006JC004018](https://doi.org/10.1029/2006JC004018).



**Apéndice A.** Listado de larvas de peces registradas en el área de estudio, Especie de interés comercial (\*). Se incluye un código asignado a cada taxón, integra las tres primeras letras del género y especie. La información sobre Afinidad Zoogeográfica, Hábitat, Ambiente se basa en el criterio de Moser, (1996); Froese y Pauly (2018). Lugar registrado: (F) Frente, (FF) Fuera frente, (II) Isla Isabel, (IC) Isla Coral, (IM) Islas Marietas.

	Código	Afinidad Zoogeográfica	Hábitat	Ambiente	Lugar registrado
<b>ORDEN</b>					
Familia					
<i>Especie</i>					
<b>ANGUILLIFORMES</b>					
Ophichthidae					
<i>Myrophis vafer</i> (Jordan & Gilbert 1882)	MYRVAF	Subtropical	Demersal	Marino	F
<b>CLUPEIFORMES</b>					
Clupeidae					
<i>Opisthonema spp.*</i>	OPIHPP	Subtropical	Pelágico-costera	Marino-salobre	F, FF
Engraulidae					
<i>Cetengraulis mysticetus*</i> (Günther, 1867)	CETMYS	Subtropical	Pelágico-costera	Marino-salobre	F, FF, II, IM
<b>AULOPIFORMES</b>					
Synodontidae					
<i>Synodus spp.</i>	SYNSPP				F
<b>GADIFORMES</b>					
Bregmacerotidae					
<i>Bregmaceros bathymaster</i> (Jordan & Bollman, 1890)	BREBAT	Subtropical	Pelágico-costera	Marino	F, FF
<b>ATHERINIFORMES</b>					
Atherinopsidae					
<i>Atherinella spp.</i>	ATHSPP				II
<b>BELONIFORMES</b>					
Exocoetidae					
<i>Exocoetidae spp.</i>	EXOSPP				
<i>Cheilopogon heterurus</i> (Rafinesque, 1810)	CHEHET		Epipelágica	Costero	II, IC
<b>STEPHANOBERYCOIDE I</b>					
Melamphidae					
<i>Melamphaes sp. 2</i>	MELSP2				IM
<b>SYNGNATHIFORMES</b>					
Syngnathidae					
<i>Syngnathus californiensis</i> (Storer, 1845)	SYNCAL		Demersal	Marino	F
<b>PERCIFORMES</b>					
Serranidae					

<i>Paralabrax maculatofasciatus</i> (Steindachner, 1868)*	PARMAC				F
<i>Serranus spp.*</i>	SERSPP				FF
<b>Carangidae</b>					
<i>Alectis ciliaris</i> (Bloch, 1787)*	ALECIL	Tropical	Arrecifal	Marino	FF, II
<i>Caranx sp. 1*</i>	CARSP1	Tropical		Marino	F
<i>Caranx sp. 2*</i>	CARSP2	Tropical		Marino	F
<i>Caranx sp. 3*</i>	CARSP3	Tropical		Marino	F
<i>Caranx sp. 4*</i>	CARSP4	Tropical		Marino	F
<i>Caranx sp. 5*</i>	CARSP5	Tropical		Marino	F
<i>Chloroscombrus orqueta</i> (Jordan & Gilbert, 1883)*	CHLORQ	Subtropical	Bento-pelágica	Marino	F, II
<i>Decapterus sp. 1*</i>	DECSP1	Subtropical		Marino	F, FF
<i>Decapterus sp. 2*</i>	DECSP2	Subtropical		Marino	F, FF
<i>Hemicaranx sp. 1*</i>	HEMSP1	Subtropical		Marino	F
<i>Oligoplites spp.*</i>	OLISPP	Subtropical		Marino	F
<i>Selar crumenophthalmus</i> (Bloch, 1793)*	SELCRU	Subtropical	Arrecifal	Marino	FF
<i>Trachinotus rhodopus</i> (Gill, 1863)*	TRARHD	Subtropical	Arrecifal	Marino	II
<b>Carangidae</b>					
<b>Gerreidae</b>					
<i>Diapterus peruvianus</i> (Cuvier, 1830)*	DIAPER	Tropical	Demersal	Marino	F, FF, II, IC, IM
<i>Diapterus spp.</i>	DIASPP				F
<i>Eucinostomus currani</i> (Zahuranec, 1980)*	EUCCUR	Tropical	Demersal	Marino-salobre	F
<i>Eucinostomus dowii</i> (Gill, 1863)*	EUCDO W	Tropical	Demersal	Marino-salobre	F, FF
<i>Eucinostomus gracilis</i> (Gill, 1862)*	EUCGRA	Subtropical	Demersal	Marino-salobre	F, FF, IM
<i>Eucinostomus spp.</i>	EUCSPP				F
<b>Haemulidae</b>					
<i>Haemulon californiense</i> (Steindachner, 1876)*	HAECAL	Subtropical	Demersal	Marino-salobre	F, FF
<i>Haemulidae sp. 1*</i>	HAESP1	Subtropical	Demersal	Marino-salobre	F, IM
<i>Haemulidae sp. 2*</i>	HAESP2	Subtropical	Demersal	Marino-salobre	F
<i>Haemulidae sp. 3*</i>	HAESP3	Subtropical	Demersal	Marino-salobre	F
<i>Haemulidae sp. 4*</i>	HAESP4	Subtropical	Demersal	Marino-salobre	F
<i>Haemulidae sp. 5*</i>	HAESP5	Subtropical	Demersal	Marino-salobre	F
<i>Haemulidae</i>	HAEMUL	Subtropical	Demersal	Marino-salobre	F, IC
<b>Sciaenidae</b>					

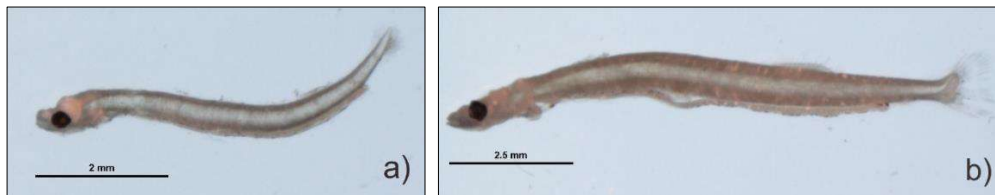
<i>Sciaenidae sp. 1*</i>	SCISP1	Subtropical	Demersal	Marino-salobre	F
<i>Sciaenidae sp. 2*</i>	SCISP2	Subtropical	Demersal	Marino-salobre	F
<i>Sciaenidae sp. 3*</i>	SCISP3	Subtropical	Demersal	Marino-salobre	F
<i>Sciaenidae sp. 4*</i>	SCISP4	Subtropical	Demersal	Marino-salobre	F
<i>Sciaenidae sp. 5*</i>	SCISP5	Subtropical	Demersal	Marino-salobre	F
<i>Sciaenidae sp. 6*</i>	SCISP6	Subtropical	Demersal	Marino-salobre	F
<i>Sciaenidae sp. 7*</i>	SCISP7	Subtropical	Demersal	Marino-salobre	F
<i>Sciaenidae sp. 8*</i>	SCISP8	Subtropical	Demersal	Marino-salobre	F
<i>Sciaenidae sp. 9*</i>	SCISP9	Subtropical	Demersal	Marino-salobre	F
<i>Sciaenidae sp. 10*</i>	SCISP10	Subtropical	Demersal	Marino-salobre	F
<i>Sciaenidae</i>	SCIAEN	Subtropical	Demersal	Marino-salobre	F, FF, IM
<b>Kyphosidae</b>					
<i>Kyphosidae sp. 1*</i>	KYPSP1				FF
<b>Ehippidae</b>					
<i>Chaetodipterus zonatus</i> (Girard, 1858)*	CHAZON	Subtropical	Arrecifal	Marino	IC, IM
<b>Mugilidae</b>					
<i>Mugil cephalus</i> (Linnaeus, 1758)*	MUGCEP	Subtropical	Bento-pelágica	Marino-salobre	F
<i>Mugil curema</i> (Valenciennes, 1836)*	MUGCUR	Subtropical	Bento-pelágica	Marino-salobre	F, FF
<b>Pomacentridae</b>					
<i>Abudefduf troschelii</i> (Gill, 1862)	ABUTRO	Tropical	Arrecifal	Marino	F
Pomacentridae	POMACE				F
<b>Labridae</b>					
Labridae sp. 1	LABSP1				F
<b>Chiasmodontidae</b>					
<i>Chiasmodon niger</i> (Johnson, 1864)	CHINIG	Tropical	Mesopelágica	Marino	F
<b>Labrisomidae</b>					
<i>Alloclinus holderi</i> (Lauderbach, 1907)	ALLHOL	Tropical	Arrecifal	Marino	IC
<i>Labrisomidae sp. 1</i>	LBSOP1				IM
<i>Labrisomidae sp. 2</i>	LBSOP2				IM
<b>Blenidae</b>					
<i>Hypsoblennius brevipinnis</i> (Günther, 1861)	HYPBRE	Tropical	Arrecifal	Marino	FF, II, IC

<b>Eleotridae</b>					
<i>Dormitator latifrons</i> (Richardson, 1844)	DORLAT	Subtropical	Demersal	Marino-salobre	F
<b>Gobiidae</b>					
<i>Ctenogobius sagittula</i> (Günther, 1862)	CTESAG	Subtropical	Demersal	Marino-salobre	F
<i>Gobulus crescentalis</i> (Gilbert, 1892)	GOBCRE	Subtropical	Demersal	Marino-salobre	F
<i>Gobulus spp.</i>	GOBSPP				F
<i>Gobionellus microdon</i> (Gilbert, 1892)	GOBMIC	Tropical	Demersal	Marino-salobre	F
<b>Sphyraenidae</b>					
<i>Sphyraena ensis</i> (Jordan & Gilbert, 1882)*	SPHENS	Tropical	Epipelágica	Marino-costero	F, FF, IM
<b>Scombridae</b>					
<i>Auxis spp.*</i>	AUXSPP				F, IM
<i>Sarda spp.*</i>	SARSPP				F, FF
<i>Scomberomorus sierra</i> (Jordan & Starks, 1895)*	SCOSIE	Tropical	Epipelágica	Marino-costero	
<b>PLEURONECTIFORMES</b>					
<b>Paralichthyidae</b>					
<i>Etropus peruvianus</i> (Hildebrand, 1946)	ETRPER	Tropical	Demersal	Marino	F, FF
<i>Etropus spp.</i>	ETRSPP				F
<i>Paralichthys spp.*</i>	PARSPP				FF
<i>Syacium sp. 1</i>	SYASP1				II
<i>Syacium sp. 2</i>	SYASP2				II
<b>Cynoglossidae</b>					
<i>Symphurus spp.</i>	SYMSPP				FF
<b>Achiridae</b>					
<i>Achirus mazatlanus</i> (Steindachner, 1869)	ACHMAZ	Tropical	Demersal	Marino	F

**Apéndice B.** Catálogo de larvas de peces con referencia métrica. *Nombre de la especie.* Fase larvaria: Vitelina, Preflexión, Flexión, Postflexión, Transformado. Lugar registrado: Frente (F), Fuera del frente (FF), Isla Isabel (II), Isla Coral (IC), Islas Marietas (IM).



*Myrophis vafer* Postflexión (F)



*Opisthonema* spp. a) Preflexión, b) Flexión (F, FF)



*Cetengraulis mysticetus* a) Preflexión, b) Flexión (II, IM, F, FF)



*Bregmaceros bathymaster* Flexión (F, FF)

*Atherinella* spp. Preflexión (II)



*Exocoetidae* spp. Postflexión (II, IC)

*Cheilopogon heterurus* Postflexión (II, IC)



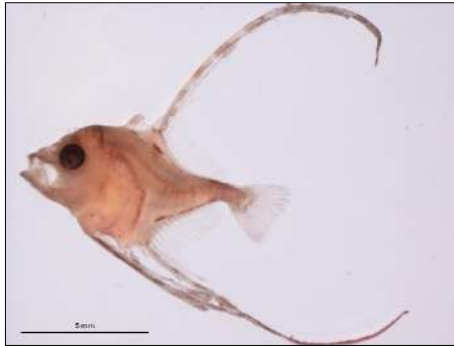
*Melamphaes* sp2 Preflexión (IM)



*Syngnathus californiensis* Transformado (F)



*Serranus* spp. Flexión (FF)



*Alectis ciliaris* Postflexión (II, FF)



*Caranx* sp1 Preflexión (F)



*Caranx* sp2 Preflexión (F)



*Caranx* sp3 Preflexión. (F)



*Chloroscombrus orqueta* Postflexión (II, F)



*Decapterus* sp1 Preflexión (F, FF)



*Decapterus* sp2 Preflexión (F, FF)



*Hemicaranx* spp. Preflexión. (F)



*Selar crumenophthalmus* Preflexión (FF)



*Trachinotus rhodopus* Flexión (II)



*Diapterus peruvianus* Flexión (II, IC, IM, F, FF)



*Eucinostomus dowii* Postflexión (F, FF)



*Eucinostomus gracilis* Flexión (IM, F, FF)



*Haemulon californiensis* Preflexión (FF)



*Sciaenidae* sp2 Postflexión (F)



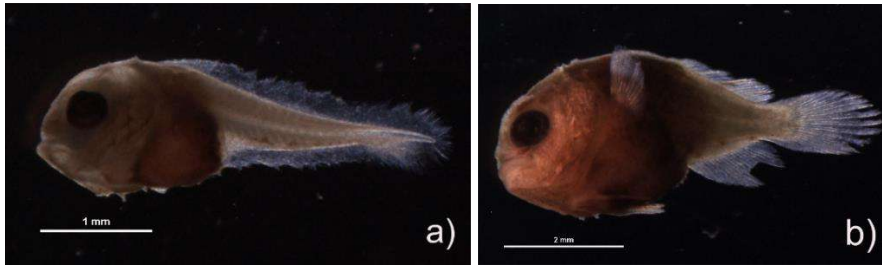
*Sciaenidae* sp4 Preflexión (F)



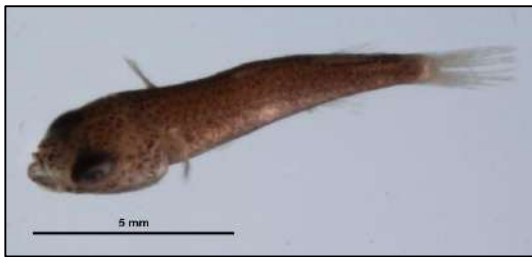
*Sciaenidae* sp5 Preflexión (F)



*Sciaenidae* sp8 Preflexión (F)



*Chaetodipterus zonatus* a) Preflexión b) Postflexión (IC, IM)



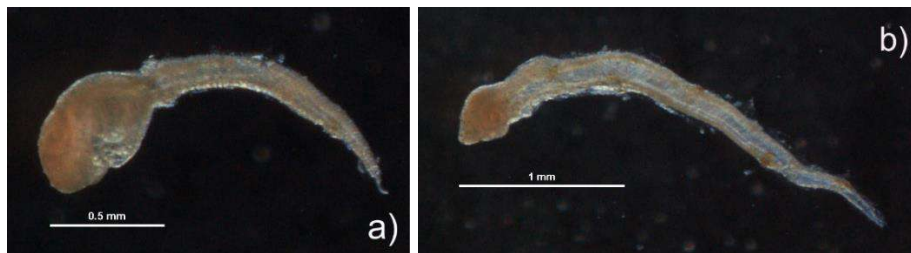
*Mugil cephalus* Postflexión (F)



*Mugil curema* Preflexión (F, FF)



*Abudedefduf troschelii* Preflexión (F)

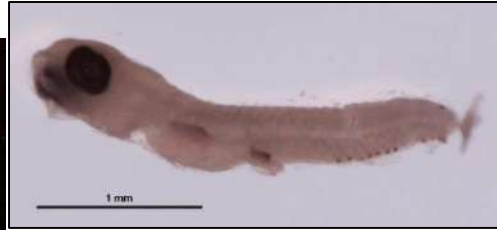


*Chiasmodon niger* a) Vitelina, b) Preflexión (F)





*Alloclinus holderi* Postflexión. (IC)



*Labrisomidae* sp1 Preflexión (IM)



*Labrisomidae* sp2 Preflexión (IM)



*Hypsoblennius brevipinnis* a) Preflexión, b) Postflexión (II, IC, F)



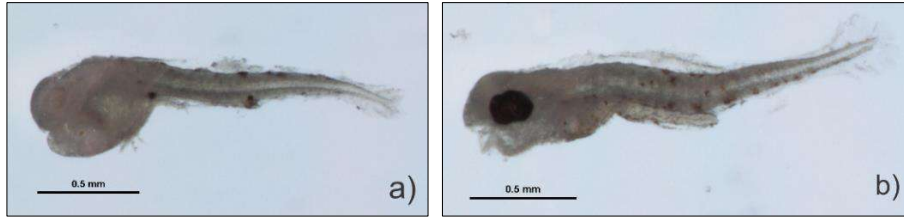
*Dormitator latifrons* Postflexión (F)



*Ctenogobius sagittula* Postflexión (F)



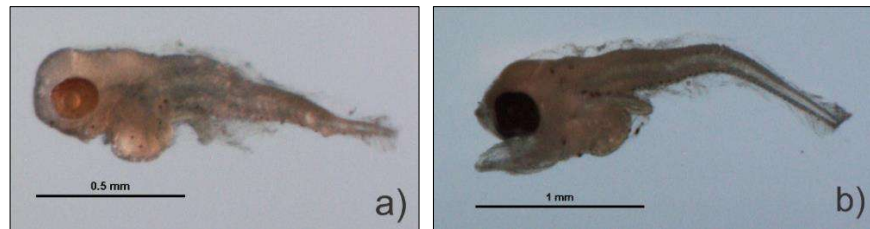
*Gobionellus microdon* Postflexión (F)



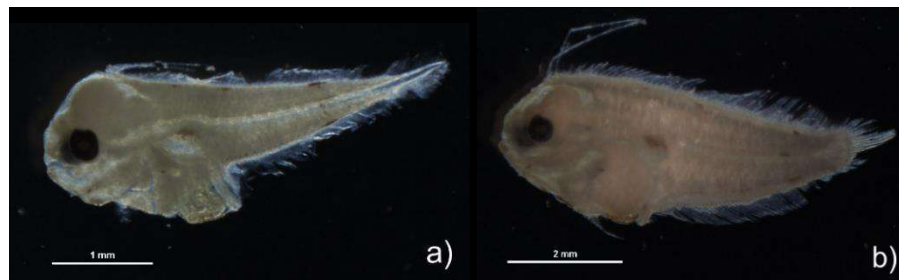
*Sphyraena ensis* a) Vitelina, b) Preflexión, c) Flexión (IM, F, FF,)



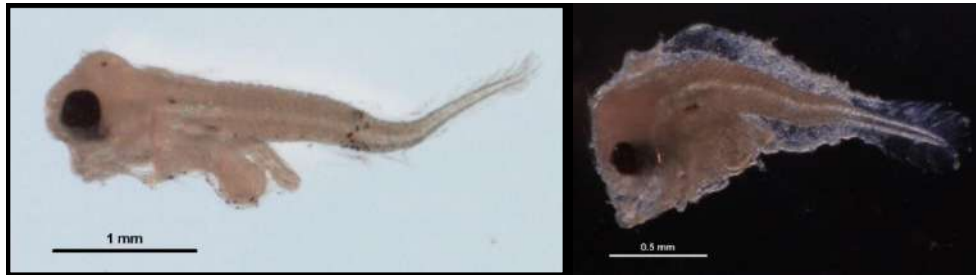
*Auxis* spp. Preflexión (IM, F, FF)



*Sarda* spp. a) Vitelina, b) Preflexión (F, FF)



*Etropus peruvianus* a) Preflexión, b) Postflexión (F, FF)



*Paralichthys* spp. Preflexión (FF)

*Syacium* spp. Preflexión (II)



*Achirus mazatlanus* Preflexión (F)

## Apéndice C. Glosario de términos.

**Abundancia.** Número total de larvas de peces recolectadas en un lugar o en un periodo de tiempo y se mide en número total de larvas en 10 m<sup>2</sup> de superficie marina.

**Abundancia relativa.** Número total de larvas de peces de un taxón, comparado con el número total de individuos de todos los demás taxones.

**Archipiélago.** Del griego *arkhi*, principal y *pelagos*, mar, y queda definido como una cadena o un conjunto de islas.

**Estadio.** Etapa o fase de un proceso, desarrollo o transformación.

**Bajamar.** Nivel mínimo de la marea.

**Batipelágico.** Se denomina batial o zona batipelágica del griego *bathys*, profundo y *pelagos*, alta mar, cuyo significado es "profundidades de alta mar") a uno de los niveles en los que está dividido el océano según su profundidad. En oceanografía, batial identifica a las aguas y fondos marinos situados entre 1000 y 4000 m de profundidad.

**Batimetría.** Proviene del griego *bathys*, profundo y *metros*, medida. Se refiere a la configuración del suelo marino, o a un mapa donde este delineado el perfil del fondo de un cuerpo de agua por medio de contornos de igual profundidad (isóbatas).

**Biovolumen.** Es la cantidad de materia viva producida en un área determinada de la superficie terrestre, o por organismos de un tipo específico, expresada en volumen por unidad de área.

**Capa de mezcla.** Estrato superficial de la columna del agua de mares y océanos donde existe mayor homogeneidad en las variables en las variables termo-halinas.

**Clorofila.** Molécula con un anillo de porfirina y un núcleo formado por un átomo de magnesio. El anillo de porfirina es un tetrapirrol con cuatro anillos pentagonales de pirrol enlazados para formar un anillo mayor que es la porfirina y una cadena larga llamada fitol. Su función en el proceso fotosintético es la absorción de energía luminosa en la banda de los azules.

**CTD.** Instrumento oceanográfico para obtener datos de temperatura y la conductividad a diferentes profundidades. El acrónimo de CTD proviene del inglés Conductivity, Temperature, Depth. Con estos datos se puede generar las características T-S (Temperatura-salinidad) de la columna de agua. Este instrumento se puede bajar al agua desde un barco con cable, cuyo núcleo contiene conectores eléctricos por lo tanto recibir, observar y almacenar los datos en tiempo real.

**Densidad.** Es una medida de la masa de una sustancia por unidad de volumen  $\rho = m/V$ . El recíproco del volumen específico. En Oceanografía, la densidad del agua de mar es numéricamente equivalente a la gravedad específica y es una función de la salinidad, temperatura y la presión conocida como la ecuación de Estado de Agua de Mar.

**Demersal.** El término se aplica para los organismos que viven muy próximo al fondo de la masa de agua que es su hábitat.

**Diagrama T-S.** Gráfica de datos de temperatura *versus* salinidad de los datos colectados en forma simultánea. Estos diagramas permiten identificar las masas de agua, hacer estimaciones de la mezcla relativa entre ellas, relacionar la curva T-S y la densidad.

**Epipelágico.** Del griego *epi*, sobre y *pelagos*, *alta mar*. Se le denomina a uno de los niveles en los que está dividido el océano según su profundidad; se identifica a las aguas marinas situadas entre la superficie y los 200 m de profundidad.

**Estratificación.** Condición del fluido que implica la existencia de dos o más capas horizontales arregladas según su densidad, de tal manera que las capas menos densas están sobre las más densas.

**Fisiografía.** Está definida como la descripción de la naturaleza a partir del estudio del relieve y la litosfera, en conjunto con el estudio de la hidrosfera, la atmósfera y la biosfera.

**Intrusión.** Entrada de un tipo de agua en un espacio donde existía otro tipo de agua diferente, conservando parcial o totalmente sus características, por un tiempo generalmente corto.

**Larva.** Fase del desarrollo de los peces, desde la eclosión hasta que pierde las especializaciones para la vida pelágica y alcanzan todos los elementos merísticos externos (aletas y escamas); incluye desde el estadio de saco vitelino hasta la postflexión, justo antes de la transformación.

**Masas de Agua.** Un gran volumen de agua usualmente identificado por rangos de temperatura y salinidad que permiten distinguirlo de las aguas circundantes. Su formación ocurre en contacto con la atmósfera y por la mezcla de dos o más tipos de agua. (Véase diagramas T-S).

**Mesoescala.** Se refiere a la dirección y la extensión geográfica de fenómenos marinos, la cual va de decenas hasta cientos de kilómetros.

**Mesopelágico.** Zona o nivel en la que está dividido el océano, según su profundidad se sitúa entre 200 y 1000 m.

**Miómeros.** Paquetes musculares insertados en el esqueleto a lo largo del tronco de las larvas, posteriormente darán origen a los miotomos.

**Morfotipos.** Son las especies que no están descritas en la literatura pero que se distinguen como una identidad biológica independiente de acuerdo a sus características morfológicas, merísticas y pigmentarias.

**Notocorda.** Eje celular elástico formado bajo el cordón nervioso en el embrión de todos los cordados. Posteriormente se sustituye o se rodea por las vértebras.

**Oxígeno disuelto.** Es la cantidad de oxígeno presente en el agua.

**Pelágico.** Del griego *pelagos*, mar abierto es la parte de la columna de agua del océano que no está sobre la plataforma continental. Los organismos que habitan esta área se denominan pelágicos.

**Picnoclina.** Son capas de agua en donde la densidad del agua cambia rápidamente con la profundidad. La mayoría de las veces coincide con la termoclina y como esta tiene gran variación estacional en latitudes medias y casi nulas en latitudes altas.

**Plancton.** Organismos que no pueden desplazarse de manera autónoma en el agua y que son arrastrados por las corrientes “viven a la deriva”.

**Pleamar.** Nivel mínimo de la marea.

**Reclutamiento.** Es la adición de nuevos individuos a las poblaciones o de etapas sucesivas del ciclo de vida dentro de las poblaciones

**Salinidad.** Es la medida de la cantidad de sales disueltas en el agua de mar. Las unidades por mucho tiempo usadas eran partes por mil (ppm). Actualmente se calcula indirectamente midiendo la conductividad eléctrica y comparándola con la de una muestra estándar. Las nuevas unidades, numéricamente iguales que las anteriores se denominan unidades prácticas de salinidad (ups). (Véase ups).

**Surgencias.** Ascenso de aguas subsuperficiales, 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 pacífico son las surgencias costeras, las cuales son provocadas por vientos hacia el ecuador en los océanos con frontera oriental.

**Taxonomía.** Clasificación de los organismos basada, siempre que es posible en relaciones naturales de parentesco.

**Termoclina.** Capa que presenta un cambio abrupto de temperatura con la profundidad. En los océanos se pueden encontrar termoclinas temporales, las cuales tienen una variación estacional (anual) y termoclinas permanentes. (Véase estratificación).

**Turbidez.** O turbiedad. Medida del grado de transparencia del agua por la presencia de partículas no disueltas en suspensión.

**UPS.** Abreviación de unidades prácticas de salinidad. Unidades de una nueva definición de salinidad (UNESCO, 1978) basada en la razón entre la conductividad eléctrica de la muestra y una muestra estándar. Se conoce con unidades prácticas porque fueron definidas de tal manera que la nueva escala coincida con la antigua de parte por mil (ppm) la salinidad en ups es adimensional (UNESCO, 1985).

**Vagilidad.** Capacidad de los organismos para diseminarse. Constituye el parámetro que define la dispersión.

Nota: Los conceptos vertidos en este glosario fueron tomados de:

Baum, S. K. 2004. Glossary of physical oceanography and related disciplines. Department of Oceanography. Texas A&M University 539 p.

Lloris, D. 2007. Glosario ilustrado de ictiología Instituto de Ciencias del Mar. Barcelona 966 p.