



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



**HÁBITATS DE LARVAS DE PECES EN LA
ZONA DE MÍNIMO OXÍGENO EN EL PACÍFICO
TROPICAL FRENTE A MÉXICO DURANTE
EVENTOS ENSO.**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS**

PRESENTA

ERICK JONATHAN RODRÍGUEZ AMADOR

LA PAZ, B.C.S., NOVIEMBRE 2018



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 12 del mes de Noviembre del 2018 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis titulada:

**"HÁBITATS DE LARVAS DE PECES EN LA ZONA DE MÍNIMO OXÍGENO EN EL PACÍFICO
TROPICAL FRENTE A MÉXICO DURANTE EVENTOS ENSO"**

Presentada por el alumno:

RODRÍGUEZ

Apellido paterno

AMADOR

materno

ERICK JONATHAN

nombre(s)

Con registro:

A	1	7	0	6	7	4
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de:

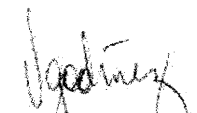
MAESTRIA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

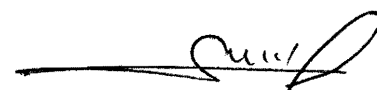
LA COMISION REVISORA

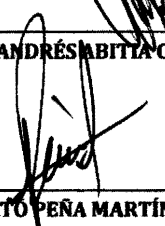
Directores de Tesis


DRA. LAURA SÁNCHEZ VELASCO
Directora de Tesis

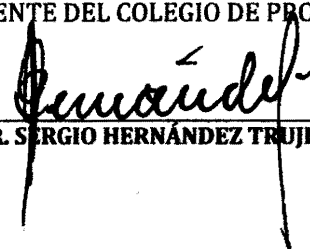

DR. VÍCTOR MANUEL GODÍNEZ SANDOVAL
2º. Director de Tesis


DR. LEONARDO ANDRÉS ABITIA CARDENAS


DRA. SYLVIA PATRICIA ADELHEID JIMÉNEZ ROSENBERG

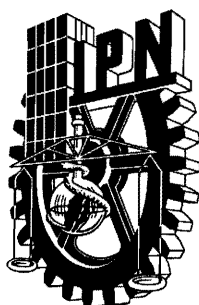

DR. RENATO PEÑA MARTÍNEZ

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES


DR. SERGIO HERNÁNDEZ TRUJILLO



I.P.N.
CICIMAR
DIRECCIÓN



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 15 del mes de Noviembre del año 2018

El (la) que suscribe BIÓL. ERICK JONATHAN RODRÍGUEZ AMADOR Alumno (a) del Programa
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

con número de registro A170674 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

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

DRA. LAURA SÁNCHEZ VELASCO y DR. VÍCTOR MANUEL GODÍNEZ SANDOVAL

y cede los derechos del trabajo titulado:

"HÁBITATS DE LARVAS DE PECES EN LA ZONA DE MÍNIMO OXÍGENO EN EL PACÍFICO

TROPICAL FRENTE A MÉXICO DURANTE EVENTOS ENSO"

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

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

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

BIÓL. ERICK JONATHAN RODRÍGUEZ AMADOR

Nombre y firma del alumno

Agradecimientos

Agradezco al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) por brindar la oportunidad de realizar la maestría en: Ciencias en Manejo de Recursos Marinos, en esta institución de gran renombre, historia y tradición, para así seguir en la trayectoria de la investigación para poder desvelar las incógnitas de este mundo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgar la Beca Nacional durante los dos años de maestría.

A los directores de tesis: Dra. Laura Sánchez Velasco por otorgar la oportunidad de formar parte del equipo de trabajo que lidera, por brindarme su apoyo y conocimiento en la realización de la tesis, así como también, por sus ánimos incondicionales en el transcurso de la maestría. Al Dr. Víctor M. Godínez por compartir la información, fruto de su arduo trabajo, como también por compartir su experiencia y sabiduría.

A los demás investigadores que estuvieron involucrados en este trabajo: Dra. Sylvia Patricia Adelheid Jiménez Rosenberg, Dr. Leonardo Andrés Abitia Cárdenas, Dr. Renato Peña Martínez, Dr. René Funes Rodríguez y al M. C. Erick Daniel Ruvalcaba Aroche.

Al equipo LEGOZ por compartir su experiencia, ideas, asesorías y consejos en la realización de mis ponencias, por su amistad y apoyo gracias.

ÍNDICE

	pág.
ÍNDICE DE FIGURA	2
ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE APÉNDICES	5
GLOSARIO	6
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
I. INTRODUCCIÓN	10
II. ANTECEDENTES	15
III. ÁREA DE ESTUDIO	17
IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
V. HIPÓTESIS	19
VI. OBJETIVO G	19
VI.I OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
VII. METODOLOGÍA	20
VII.I OBTENCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS AMBIENTALES Y	20
MUESTRAS BIOLÓGICAS	
VII.II ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	22
VIII. RESULTADOS	25
VIII.I DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LAS CONDICIONES HIDROGRÁFICAS	25
VIII.II ABUNDANCIA TOTAL DE LARVAS DE PECES	29
VIII.III HABITAS DE LARVAS DE PECES (HLP)	32
VIII.IV ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA (ACCO).	43
VIII.V MASAS DE AGUA EN EL PACÍFICO TROPICAL FRENTE A MÉXICO	44
Y LOS HÁBITATS DE LARVAS DE PECES	
IX. DISCUSIÓN	47
X. CONCLUSIONES	52
XI. BIBLIOGRAFÍA	53
APÉNDICES	61

ÍNDICE DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Índice Multivariado ENSO. Desviaciones estándar positivas (rojo), desviaciones estándar negativas (azul). Esquema de la página web de MEI (actualizado el 7 de septiembre de 2018). (https://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/).	12
Figura 2. Concentraciones de oxígeno disuelto a 400 metros de profundidad. Tomado de Stramma <i>et al.</i> (2008).	13
Figura 3. Esquema de la circulación oceánica en el PTM, tomado de León Chávez <i>et al.</i> (2015).	18
Figura 4. Estaciones de muestreo de: (A) “GOLCA 1204” y (B) “MARIAS 1603”. Estaciones de CTD (círculo color azul), estaciones biológicas más CTD (círculos color rojo).	21
Figura 5. Distribución vertical de la concentración de oxígeno disuelto hasta 200 m de profundidad. Oxipletas (44 y 4.4 $\mu\text{mol/kg}$) resaltadas en color rojo: (A) abril del 2012 y (B) marzo del 2016.	26
Figura 6. Distribución vertical de la concentración de salinidad hasta 200 m de profundidades: (A) abril del 2012 y (B) marzo del 2016.	27
Figura 7. Distribución vertical de la temperatura hasta 200 m de profundidad. termoclina (línea azul) y capa de mezcla (línea verde): (A) abril del 2012 y (B) marzo del 2016.	28
Figura 8. Distribución vertical de la concentración de clorofila <i>a</i> hasta 200 m de profundidad: (A) abril del 2012 y (B) marzo del 2016.	29
Figura 9. Distribución vertical de abundancia total de LP (larvas/10m ²) y la concentración de oxígeno disuelto a 200 m: (A) abril 2012 y (B) marzo 2016. La abundancia de larvas de peces se presentó en los siguientes intervalos: círculo pequeño (abundancias <500 larvas/10m ²), círculo mediano (abundancias 500-1500 larvas/10m ²) y círculo grande (abundancias >1500 larvas/10m ²). Datos durante el día (círculo blanco), datos durante la noche (círculos negros).	30
Figura 10. Dendrograma de los HLP: abril 2012, definidos por el índice de disimilaridad de Bray-Curtis y el método aglomerativo flexible usando los agrupamientos (clúster) de muestras, utilizándolo como HLP. HGC (color gris), 26.3% de las muestras, HTF (color blanco), 63.1% de las muestras y HIM (color negro), 10.5% de las muestras.	34

Figura 11. Hábitat Golfo de California (HGC) en fondo de salinidad (g/kg): abril 2012.	35
Figura 12. Hábitat transicional fase fría (HTF) en fondo de temperatura (°C). Capa de mezcla (línea verde) y termoclina (línea azul): abril 2012.	36
Figura 13. Hábitat Islas Marías (HIM) en fondo de oxígeno disuelto ($\mu\text{mol/kg}$). Resaltando límite superior ($44 \mu\text{mol/kg}$) e inferior ($4.4 \mu\text{mol/kg}$) de la zona hipóxica: abril 2012.	37
Figura 14. Dendrograma de los HLP: marzo 2016, definidos por el índice de disimilaridad de Bray-Curtis y el método aglomerativo flexible usando los agrupamientos (clúster) de las muestras, utilizándolo como HLP. HGC (color gris), 11.3% de las muestras, HTC (color lila), 54.5% de las muestras y HIM (color negro), 31.8% de las muestras.	40
Figura 15. Hábitat Golfo de California (HGC) en fondo de salinidad (g/kg): marzo 2016.	41
Figura 16. Hábitat transicional fase cálida (HTC) en fondo de temperatura (°C). Capa de mezcla (línea verde) y termoclina (línea azul): marzo 2016.	42
Figura 17. Hábitat Islas Marías (HIM) en fondo de oxígeno disuelto ($\mu\text{mol/kg}$). Resaltando límite superior ($44 \mu\text{mol/kg}$) e inferior ($4.4 \mu\text{mol/kg}$) de la zona hipóxica: marzo 2016.	43
Figura 18. Análisis de Correspondencia Canónica (ACCo) correlacionó los HLP y las condiciones hidrográficas de los cruceros de: abril 2012 y marzo 2016. Hábitats: Golfo de California (círculos grises), Transicional fase fría (círculos blancos), Transicional fase cálida (círculos lilas) e Islas Marías (círculos negros). Variables hidrográficas: Oxígeno (Oxi), Temperatura (Tem), Clorofila a (CHL) y Salinidad (Sal).	44
Figura 19. Diagramas TS del Pacífico Tropical Frente a México durante: abril de 2012 (A) y marzo 2016 (B). Agua Tropical Superficial (ATS), Agua Transicional (AT), Agua del Golfo de California (AGC), Agua de la Corriente de California (ACC), Agua Subtropical Subsuperficial (AStSs) y Agua Intermedia del Pacífico Norte (AIPN). Los límites termohalinos son basados en: Portela et al, (2016). Oxigenado ($> 44 \mu\text{mol/kg}$) color azul, hipóxico ($44 - 4.4 \mu\text{mol/kg}$) color morado y subóxico ($< 4.4 \mu\text{mol/kg}$) color negro.	46
Figura 20. Distribución de las masas de agua en la columna de agua hasta 200 m de profundidad: abril 2012 (A) y marzo 2016 (B). AGC color rojo, AT color verde,	47

AStSs color amarillo y ATS color azul. HGC (círculos grises), HTF (círculos blancos), HTF (círculos lilas) e HIM (círculos negros). Los límites termohalinos son basados en: Portela et al, (2016).

ÍNDICE DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Rangos de profundidad y grosor de cada muestra en abril del 2012 en el Pacífico Tropical Mexicano.	23
Tabla 2. Rangos de profundidad y grosor de muestra de marzo del 2016 en el Pacífico Tropical Mexicano.	24
Tabla 3. Abundancias de LP por muestra para abril del 2012 y marzo del 2016.	31
Tabla 4. Listado taxonómico del abril 2012. hábitat adulto: demersales (D), batipelágicas (B), pelágico oceánico (PO), pelágico nerítico (PN), pelágico costero (PC), bento pelágico (BP) y asociado a arrecifes (RA). Afinidad: Subártico-Subtropical (SA-SBTR), Subártico-Templado (SA-TM), Subártico-tropical (SA-TR), Subtropical (SBTR), Templado-Subtropical (TM-SBTR), Templado-Tropical (TM-TR), Templado (TM), Tropical (TR) y Tropical-Subtropical (TR-SBTR). (♦) Especie indicadora HGC. (●) Especie indicadora del HTF. (■) Especie indicadora HIM.	32
Tabla 5. Listado taxonómico de marzo 2016. hábitat adulto: demersales (D), batipelágicas (B), pelágico oceánico (PO), pelágico nerítico (PN), pelágico costero (PC), bento pelágico (BP) y asociado a arrecifes (RA). Afinidad: Subártico-Subtropical (SA-SBTR), Subártico-Templado (SA-TM), Subártico-tropical (SA-TR), Subtropical (SBTR), Templado-Subtropical (TM-SBTR), Templado-Tropical (TM-TR), Templado (TM), Tropical (TR) y Tropical-Subtropical (TR-SBTR). (♦) Especie indicadora HGC. (●) Especie indicadora del HTF. (■) Especie indicadora HIM.	37
Tabla 6. Varianza explicada por el análisis de correspondencia canónica entre los datos ambientales y abundancia de larvas de peces, y resultados de la correlación entre los ejes y la variable ambiental.	43

ÍNDICE DE APÉNDICES

	pág.
1. Listado de las muestras que se definió para cada uno de los hábitats de larvas de peces (HLP) por el índice de disimilaridad de Bray-Curtis y el método aglomerativo flexible durante abril del 2012. Golfo de california (GC), Transicional fase fría (TFF) e Islas Marías (IM).	61
2. Análisis SIMPER: abril 2012.	62
3. Listado de las muestras que se definió para cada uno de los hábitats de larvas de peces (HLP) por el índice de disimilaridad de Bray-Curtis y el método aglomerativo flexible durante marzo del 2016. Golfo de california (GC), Transicional fase cálida (TFC) e Islas Marías (IM).	64
4. Análisis SIMPER: marzo 2016.	65

GLOSARIO

Abundancia: Número de organismos por unidad de superficie o de volumen.

Capa de Mezcla: Capa superior del océano donde se presenta poca variación en la temperatura y densidad con la profundidad. La capa de mezcla superficial se ve influenciada por la turbulencia generada por vientos, enfriamiento, o flujos de calor (evaporación), o la formación de hielo marino resultando en el incremento de la salinidad.

Capa hipóxica: Capa de la columna de agua donde el oxígeno se encuentra en concentraciones de entre 1 y 0.1 mL/L.

Capa oxigenada: Capa de la columna de agua generalmente superficial donde el oxígeno se encuentra en concentraciones mayores a 1 mL/L.

Capa subóxica: Capa de la columna de agua donde el oxígeno se encuentra en concentraciones inferiores a 0.1 mL/L.

Demersal: Zona del océano que se localiza justo encima de la zona béntica.

El Niño Godzilla: fase cálida del evento ENSO 2015-2016. Perturbación del sistema oceánico atmosférico ocurrido en 2015-2016. Nombrado así por la confusión que produjo el fenómeno de calentamiento denominado “La Mancha”.

El Niño Oscilación del Sur (ENSO): Por sus siglas en español (ENOS), es una perturbación interanual natural del sistema oceánico y atmosférico, que consiste en un debilitamiento o fortalecimiento de los vientos alisios, el fenómeno interanual ENSO presenta una fase cálida denominada “El Niño” y una fase fría denominada “La Niña”.

Epipelágico: Estrato del océano que abarca, desde la superficie hasta los 200 m aproximadamente, caracterizado por tener intensidad de luz para realizar la fotosíntesis, y por tanto está concentrada la mayor parte de la biomasa de autótrofos (plantas) y heterótrofos (animales).

Especie: El concepto evolutivo de especie fue formulado por Simpson y Gould donde define que una especie es un único linaje de poblaciones ancestro descendiente que mantiene

su identidad frente a otros linajes y posee sus propias tendencias evolutivas y su destino histórico.

Hábitat de larvas de peces: conjunto de larvas de peces que habita en un área con características físicas, químicas y biológicas similares.

Ictioplancton: El ictioplancton hace alusión a los huevos y larvas de peces. Estos se incluyen dentro del ictioplancton hasta que alcanzan el tamaño suficiente en que dejan de ser desplazados pasivamente en las aguas saladas y comienzan a moverse de manera independiente de las corrientes.

Mesopelágico: Proviene del griego (μέσος, que significa "mitad"), es el estrato del habitat pelágico que se extiende aproximadamente desde los 200 a los 1000 metros de profundidad, ubicándose entre la zona epipelágica superior y la zona batipelágica inferior. En esta zona la luz escasea hasta llegar a la oscuridad. La presión es de 100 atmósferas en la parte más profunda.

Pelágico: Proviene del griego πέλαγος (*pélagos*), se significa "mar abierto", es la parte del océano que está sobre la columna de agua pero que no está sobre la plataforma continental. **Termoclina:** Estrato del océano donde la temperatura cambia rápidamente con la profundidad. La termoclina varía con la latitud y la estación: es permanente en los trópicos, variable en los climas templados (más fuerte en los veranos), y débil e inexistente en las regiones polares.

Zona de Mínimo Oxígeno: Estratos del océano que tienen baja concentración de oxígeno disuelto (<1 mL/L) las cuales son definidas como capas subsuperficiales y en algunas ocasiones pueden ser cerca de la superficie según su localización mundial.

Zooplancton: Son organismos que hacen parte del plancton los cuales se alimentan, por ingestión, de materia orgánica ya elaborada. Son organismos heterótrofos que viven en la columna de agua. Está constituido por protozoos, generalmente microscópicos adultos y sus fases larvarias.

RESUMEN

Los eventos ENSO son perturbaciones en los sistemas oceánico/atmosférico capaces de modificar las condiciones hidrográficas del océano, así como la distribución y abundancia de larvas de peces. En el presente estudio se analizaron los hábitats de larvas de peces y su composición durante la fase cálida del evento ENSO (marzo-2016) y un evento ENSO en su fase fría (abril-2012), desde el sur del Golfo de California hasta Cabo Corrientes. Con base en los datos hidrográficos y arrastres estratificados de zooplancton se detectaron dos hábitats de larvas de peces recurrentes. Estos presentan cambios en su distribución y estructura comunitaria, resultado de las diferencias hidrográficas y variación del dominio de las masas de agua que convergen en la región. El hábitat recurrente “Golfo de California” indicado por la especie *Benthosema panamense*, en abril-2012 dominó en la capa superficial oxigenada, asociado a la extensión hacia el sur de la masa de agua del Golfo de California. El mismo hábitat durante marzo-2016 decreció en extensión y abundancia, esto asociado con el engrosamiento de la capa de mezcla y la incursión de masas de agua de origen tropical. Otro hábitat recurrente fue “Islas Marías” indicado por *Bregmaceros batimaster*, el cual se ubicó cerca de Cabo Corrientes, donde el agua hipóxica se elevó hasta 40 m de profundidad en abril-2012. Durante marzo-2016, este hábitat se extendió hacia el norte por debajo de la oxiclina en el agua subtropical subsuperficial. Asimismo, se definieron otros hábitats de larvas de peces no recurrentes, asociando su presencia a procesos inter-anales y a cambios en la dominancia de masas de agua. El análisis de los resultados muestra que durante la fase fría del evento ENSO, se incrementó la estratificación propiciando alta abundancia de larvas de peces en la capa oxigenada; y durante un evento ENSO en su fase cálida, la abundancia de larvas de peces se redujo, y la riqueza específica incrementó.

Palabras clave: Hábitats recurrentes, ENSO, Pacífico Tropical frente a México.

ABSTRACT

The ENSO events are perturbations in the oceanic and atmospheric systems capable of modifying the hydrographic conditions of the ocean, as well as the distribution and abundance of fish larvae. The objective of the present study is to analyze the habitats of fish larvae and their composition during a warm-ENSO event (March 2016) and a cold-ENSO event (April 2012), from the southern Gulf of California to Cabo Corrientes. Based on the hydrographic data and stratified zooplankton hauls, two recurrent habitats of fish larvae were detected. These present changes in their distribution and community structure, resulting from the hydrographic differences and variation of the water masses that converge in the region. The recurrent habitat "Gulf of California" indicated by *Benthosema panamense*, in April 2012 dominated the oxygenated surface layer, associated with the extension to the south of the water mass of the Gulf of California. The same habitat during March 2016 decreased in extent and abundance, this associated with the thickening of the mixing layer and the incursion of water masses of tropical origin. Another recurrent habitat was "Islas Marías" indicated by *Bregmaceros batimaster*, located near Cabo Corrientes, where hypoxic water rises up to 40 m deep in April 2012. During March 2016, this habitat extended northward below the oxycline in Subtropical Subsurface Water. Likewise, other habitats of non-recurrent fish larvae were defined, associating their presence to inter-annual processes and to changes in the dominance of water masses. The analysis of the results shows that during an cold-ENSO event, the stratification increases, favoring a high abundance of fish larvae in the oxygenated layer; and during an warm-ENSO event, the abundance of fish larvae was reduced, and the specific richness increased.

Keywords: Recurrent habitat, ENSO, tropical Pacific in front of Mexico.

I. INTRODUCCIÓN

Los eventos conocidos como “El Niño-Oscilación del Sur” (ENOS) o mayor mente conocidos por las siglas en inglés (ENSO) son perturbaciones interanuales naturales del sistema oceánico y atmosférico, que consisten en un debilitamiento o fortalecimiento de los vientos alisios, los eventos ENSO presentan una fase cálida denominada “El Niño” y una fase fría denominada “La Niña”. Los eventos ENSO son un modo natural de variabilidad climática que existe debido al acoplamiento entre el océano tropical y la atmósfera (Bjerknes, 1969; Zebiak & Cane, 1987).

Los eventos ENSO se asocian a la oscilación interanual en la presión del nivel del mar tropical entre el Pacífico Occidental y Oriental que a su vez producen anomalías en la Temperatura Superficial del Mar (TSM), las anomalías positivas de TSM en el Pacífico Ecuatorial reduce el gradiente TSM este-oeste y por lo tanto la fuerza de la circulación de Walker (Gill, 1980; Lindzen & Nigam, 1987), lo que resulta en vientos alisios más débiles alrededor del ecuador. Los vientos alisios más débiles a su vez impulsan los cambios en la circulación oceánica que refuerzan aún más la anomalía de la TSM positivas. Esta retroalimentación positiva océano-atmósfera causada por las anomalías de TSM positivas lleva al Pacífico Ecuatorial a un estado cálido, es decir, la fase cálida del evento ENSO denominado “El Niño”, mientras que el reforzamiento de los vientos y las anomalías de la TSM negativas lleva al Pacífico Ecuatorial a la fase fría del evento ENSO, conocido como “La Niña”.

Estos eventos interanuales no presentan un ciclo constante de ocurrencia, ya que su intervalo de tiempo presenta una considerable irregularidad, sin embargo, algunos autores mencionan una escala de tiempo de 4 a 7 años (McPhaden, 1993). En la actualidad se ha observado que estos eventos interanuales han aumentado en intensidad y frecuencia, presentando una asimetría entre las fases cálidas y las fases frías de los eventos ENSO, con fases cálidas “El Niño” mayores que las fases frías “La Niña” (Wang *et al.*, 2016). Estas fases frías y cálidas no son forzosamente secuenciales la una con la otra y pueden pasar varios años entre sí.

“El Niño” o la fase cálida del evento ENSO es un calentamiento oceánico a gran escala en el Océano Pacífico Tropical, el cual desencadena en el océano un incremento en la temperatura de las aguas superficiales y sub-superficiales, un hundimiento de la termoclina, haloclina y oxiclina y una disminución en la incorporación de nutrientes a la zona fótica (Cane, 1983).

“La Niña” o la fase fría del evento ENSO ocurren como una versión reforzada del estado neutral, provocando un enfriamiento de las aguas sub-superficiales, una disminución en la profundidad de la termoclina y un aumento de surgencias.

En los últimos años se han observado fuertes cambios interanuales indicados por fuertes anomalías positivas en la temperatura de la superficie del mar (TSM) y anomalías del viento en todo el Océano Pacífico Oriental (Bond *et al.*, 2015; Hartmann, 2015; Schiermeier, 2015; Whitney, 2015; Stramma *et al.*, 2016; Di Lorenzo & Mantua, 2016). Uno de ellos fue el calentamiento anómalo de las aguas cercanas a las costas de California-Oregón el cual se denominó “La Mancha”, se determinó que este fenómeno es independiente de los eventos ENSO (Bond *et al.*, 2015). Consecutivamente se detectaron señales del desarrollo de la fase cálida del evento ENSO en el Pacífico Tropical, el cual presentó un fuerte comienzo (Fig.1), por ello se le denominó “El Niño Godzilla” Schiermeier. (2015).

La fase cálida del ENSO 2015-2016 “El Niño Godzilla” mostró un inusual aumento en la temperatura superficial del mar de $\sim 1^{\circ}\text{C}$ más de lo esperado para el Pacífico tropical, y una fuerte disminución de la concentración de nutrientes en los primeros 200 m de la columna de agua (Leising *et al.*, 2015; Gaxiola-Castro *et al.*, 2015; Stramma *et al.*, 2016); y a diferencia de otros eventos “Niño”, no se desarrolló inmediatamente después, un evento “La Niña”. Aún no se han descrito aspectos biológicos relacionados con los cambios en la columna de agua derivada de “El Niño Godzilla”, siendo importante entender la respuesta de los organismos marinos ante los cambios recientes, ya que pueden presentar modificaciones en su comportamiento y abundancia.

Los efectos de estos eventos interanuales afectan a los ecosistemas marinos de manera incierta, desde los primeros niveles tróficos hasta los depredadores tope (Barber & Chávez, 1983); y ante este escenario, las actividades pesqueras son generalmente desfavorecidas en cuanto a volumen de captura, con graves repercusiones en las actividades socioeconómicas (McPhaden, 1993), sin embargo, algunos organismos a razón de los cambios provocados pueden ser favorecidos.

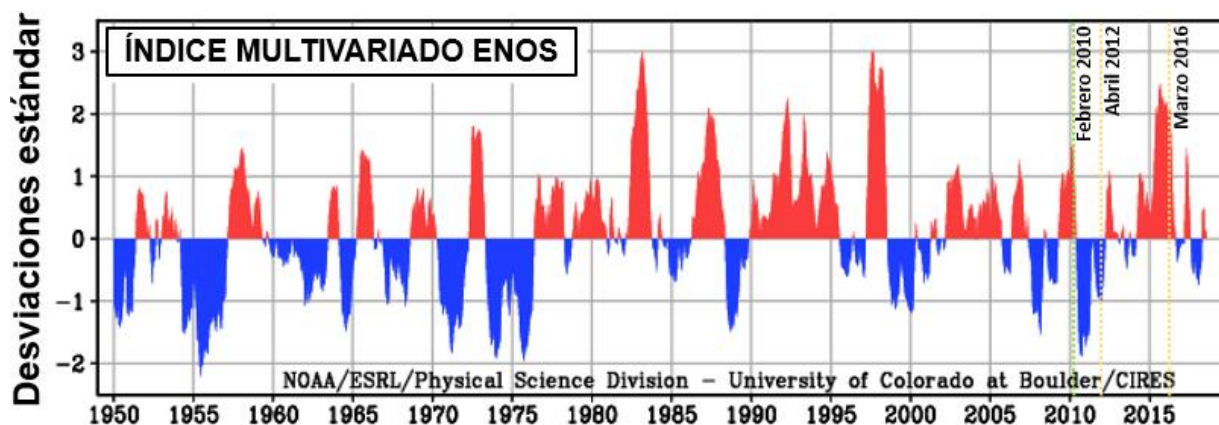


Figura 1. Índice Multivariado ENSO. Desviaciones estándar positivas (rojo), desviaciones estándar negativas (azul). Periodos de muestreos de este estudio líneas punteadas amarillas, periodo de muestreo en línea punteada verde Davies *et al.* (2015). Esquema de la página web de MEI (actualizado el 7 de septiembre de 2018). (<https://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/>).

El oxígeno es el elemento esencial para la gran mayoría de los organismos marinos, y éste varía en concentración a lo largo de la columna de agua (Serrano, 2012). Cerca de la superficie del mar se encuentran las mayores concentraciones de oxígeno disuelto, aproximadamente 6 mL/L. La alta concentración de oxígeno disuelto en las cercanías de la superficie del mar se debe al intercambio de gases con la atmósfera por los procesos turbulentos y a la producción de oxígeno por parte del fitoplancton. Sin embargo, la concentración de oxígeno disuelto disminuye conforme aumenta la profundidad, alcanzando valores críticos en su concentración que dificultan los procesos aeróbicos. Cuando las concentraciones de oxígeno caen por debajo de 1 mL/L se consideran condiciones de hipoxia y los organismos pelágicos pueden sufrir estrés, pero cuando las concentraciones de oxígeno caen por debajo de 0.2 mL/L pueden llegar a morir, a estas concentraciones se les considera condiciones anóxicas (Díaz & Rosenberg, 2008; Stramma *et al.*, 2008).

La denominada Zona de Mínimo de Oxígeno (ZMO) somera, más extensa del planeta, cubre gran parte del Pacífico Tropical Oriental, la cual comprende de los $\sim 45^{\circ}$ N a los $\sim 30^{\circ}$ S, incluyendo El Pacífico Tropical frente a México (Fig. 2) (Díaz y Rosenberg, 1995; Stramma *et al.*, 2008). En las últimas décadas se ha registrado expansión vertical de la ZMO, siendo un reto conocer su impacto en los organismos, para la predicción de cambios potenciales en los ecosistemas pelágicos tropicales, que se caracterizan por una alta riqueza de especies (Saltzman & Wishner, 1997; Ekau *et al.*, 2009; Stramma *et al.*, 2010).

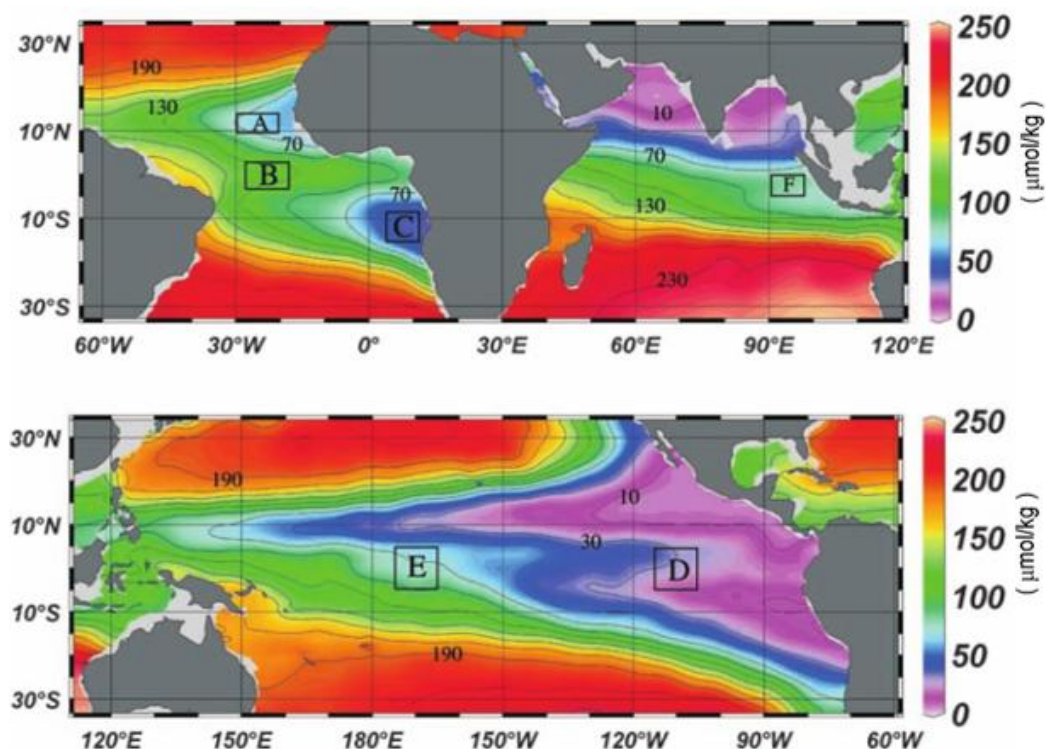


Figura 2. Concentraciones de oxígeno disuelto a 400 metros de profundidad. Tomado de (Stramma *et al.*, 2008).

Las posibles consecuencias de la expansión ZMO incluyen la pérdida de hábitat oxigenado vertical para los organismos pelágicos, desde el zooplancton hasta los depredadores superiores (Fernández-Alamos & Farber-Lorda, 2006; Prince & Goodyear, 2006; Koslow *et al.*, 2011).

La mayoría de los organismos del zooplancton, incluyendo a las larvas de peces (LP), son muy sensibles a los cambios ambientales, por ejemplo, los cambios en temperatura y la concentración de oxígeno disuelto pueden incrementar el estrés ambiental y reducir la posibilidad de supervivencia (Cushing, 1995; Davies *et al.*, 2015). Los patrones de distribución de las larvas de peces dependen de las estrategias de reproducción de los adultos y de una combinación de factores ambientales que influyen directamente sobre la supervivencia de las mismas (Leiby 1984; Moser & Smith 1993; Sassa *et al.*, 2007).

Virtualmente, es la combinación de factores ambientales lo que va a definir el hábitat en donde se encuentren los peces durante su fase planctónica. Por lo que podemos definir como hábitat de larvas de peces (HLP) al conjunto de larvas de peces que habita en un área

con características físicas, químicas y biológicas similares (Heath, 1992; Hammann *et al.*, 1998; Jenkins & Wheatley, 1998; Bakun, 2006; Dixon *et al.*, 2011; Sánchez-Velasco *et al.*, 2012).

En un estudio reciente de Davies *et al.* (2015), enfocado a conocer hábitats de larvas de peces en la ZMO frente a las costas mexicanas, se mostró que en el hábitat superficial se presentan las mayores concentraciones de oxígeno disuelto y la mayor riqueza específica; sin embargo, las mayores abundancias larvales se registraron en el hábitat donde las concentraciones de oxígeno disuelto fueron menores (hábitat hipóxico), como consecuencia resultó ser el hábitat de las especies adaptadas a la hipoxia (p.ej. *Bregmaceros bathymaster*). se debe destacar que no se conoce si este patrón de distribución de las larvas de peces se mantiene a lo largo del año, o cual es el efecto de un fenómeno de gran escala como el evento “El Niño Godzilla” en regiones donde la ZMO es somera, o donde la riqueza de especies de peces es alta.

En este marco se plantean interrogantes como ¿Qué larvas de peces se distribuían durante una fase cálida y una fase fría del evento ENSO? ¿Cuál fue la distribución horizontal y vertical de las larvas de peces? ¿Qué relación tiene las larvas de peces con la capa hipóxica? ¿Cómo afectó el evento de “El Niño Godzilla” en la región y a la abundancia de larvas de peces? ¿Cómo afectó el evento “La Niña” 2012 a la región y a la abundancia de larvas de peces? ¿Qué relaciones presentaron las larvas de peces con la distribución de masas de agua en la región? ¿Cómo se modificaron los hábitats de larvas de peces y por qué?

Con el fin de generar conocimiento que funcione como base para contestar las interrogantes anteriores, se realizó el presente estudio en el Pacífico tropical frente a México, considerando el efecto de “La Niña” 2012 y “El Niño Godzilla” 2015-2016 sobre el hábitat de las larvas de peces, con énfasis en su relación con la variación en la profundidad de la zona hipóxica.

II. ANTECEDENTES

Uno de los trabajos pioneros en el Pacífico tropical-transicional que menciona la relación entre organismos del zooplancton y la ZMO es el de Longhurst (1967), el cual describió un recambio de especies entre la zona con mayor concentración de oxígeno disuelto y aguas hipóxicas en la parte sur de la Corriente de California.

Posteriormente, Fernández-Álamos & Farber-Lorda (2006) realizaron una revisión de la biomasa y estructura del zooplancton en la ZMO frente a México, mencionando que los patrones de distribución vertical de los copépodos se relacionaron con el gradiente de oxígeno disuelto en la columna de agua, planteando la hipótesis de que la reducción del hábitat oxigenado comprime el hábitat de los organismos del zooplancton adaptados a altas concentraciones de oxígeno.

Un trabajo en el área de estudio que analizo la distribución vertical de larvas de peces en la ZMO frente a México es el de Davies *et al.* (2015), quienes describieron que la distribución vertical de larvas de peces varió en composición y abundancia asociándolo a gradientes de oxígeno disuelto; resaltando la gran abundancia de *B. bathysmater* en aguas hipóxicas.

Uno de los trabajos más cercanos al área de estudio es de Apango-Figueroa *et al.* (2015) quien realizó un trabajo dirigido a la distribución de hábitats de larvas de peces en un remolino dipolo de mesoescala, ubicado en el sur del Golfo de California en julio de 2010. En este trabajo se definieron tres hábitats de larvas de peces distribuidos en la estructura, uno de ellos fue encontrado en el centro de la estructura, presentando las mayores abundancias, los demás hábitats fueron ubicados en la periferia y superficie, sugiriendo que la estructura de mesoescala formo diferentes habitas.

León-Chávez *et al.* (2010) realizó una investigación dirigida a la vinculación de agrupaciones de larvas de peces con masas de agua y circulación oceánica en el Pacífico tropical oriental mexicano, definiéndose cuatro agrupaciones las cuales variaron su asociación con las masas de agua dependiendo de la estación, por lo cual la permanencia y formación de agrupaciones de larvas de peces dependió de las estrategias de desove y los procesos de gran escala y mesoescala, como son la estacionalidad, variación de masas de agua y remolinos (Leiby 1986; Moser y Smith 1993; Sassa *et al.*, 2007). Posteriormente León Chávez *et al.* (2015) realizó una investigación dirigida a la distribución y variación de larvas de peces y sus hábitats durante periodo estacional frio y cálido en el Pacifico Tropical Oriental Mexicano,

donde se describieron hábitats recurrentes de larvas de peces y su variaciones en composición y extensión, donde se destacó la formación de tres hábitats: El hábitat de larvas de peces Tropical (caracterizado por alta abundancia de las especies *Vinciguerria lucetia*, *Diogenichthys laternatus* y *Diaphus pacificus*) estuvo asociado a la variabilidad estacional, con una extensión mayor durante el periodo cálido e interanual “El Niño” (noviembre 2005, noviembre 2009 y febrero 2010). El hábitat de larvas de peces Transición Corriente de California (dominado por *V. lucetia* y *D. laternatus*, pero con menor abundancia que en el HLP Tropical) y el hábitat de larvas de peces Costa Océano (dominado por *Bregmaceros bathymaster*) estuvieron asociados principalmente a la actividad inducida por remolinos; y en el segundo caso, también por surgencias costeras. Concluyendo que las variaciones estacionales e interanuales junto con la mesoescala afectaron la composición y las extensiones de los hábitats de larvas de peces.

Víctor *et al.* (2001) investigaron la distribución de especies asociadas a arrecifes durante “El Niño” 1997–98 en el Océano Pacífico Oriental, encontrando que algunas especies de la familia Labridae se veían beneficiadas durante dicho fenómeno, ya que su hábitat se extendió, debido al cambio en las condiciones oceanográficas que propicio el evento ENSO y concluyeron que estas especies no presentaron efectos negativos como disminución en la distribución durante periodos cálidos.

Otro trabajo es el realizado por Franco-Gordo *et al.* (2004), quienes describieron los efectos de “El Niño 1997-1998” en la comunidad de fitoplancton y larvas de peces de la zona costera frente a los estados de Jalisco y Colima. Los autores describieron un recambio en los grupos del fitoplancton y larvas de especies de peces, pero sin un patrón de distribución claro.

Sánchez-Velasco *et al.* (2017) estudiaron el Pacífico Tropical Transicional utilizando cuatro campañas oceanografías dirigidas a la distribución de biomasa zooplanctónica y la distribución de larvas de peces evaluando los efectos del evento ENSO “El Niño Godzilla”, reportaron que durante junio 2015 se presentaron las mayores temperaturas y la capa subóxica fue la más somera en el área de las Islas Marías. También documentaron que durante este evento ENSO disminuyó la biomasa de zooplancton, la abundancia de larvas de peces fue relativamente más alta y algunas larvas invirtieron su patrón de distribución como *D. Laternatus* y *B. bathymaster* lo cual se relacionó con la capa subóxica.

III. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra localizada entre 20-24° de latitud N y 105-109° de longitud W, esta región se conoce como la boca exterior del Golfo de California (Fig. 3).

En el área de estudio se ha caracterizado la distribución espacial de las zonas de mínimo oxígeno o zona hipóxica más grande del planeta (Fig 4). Su permanencia temporal es el resultado de un balance biogeoquímicos y de los procesos dinámicos (Karstensen *et al.*, 2008).

En el área mencionada, la variabilidad temporal está influenciada fuertemente por el componente estacional e interanual asociado a la presencia de masas de agua y cambios en la circulación oceánica (Godínez *et al.*, 2010; Kurczyn *et al.*, 2012).

En el área de estudio se puede encontrar de manera superficial diferentes masas de agua (Agua del Golfo de California “AGC”, Agua de la Corriente de California “ACC”, Agua Tropical Superficial “ATS” y Agua Transicional “AT”), y de manera subsuperficial se encuentra la masa de Agua Subsuperficial Subtropical (AStS). Estas masas de agua presentan variaciones en su distribución en la zona, dependiendo de la estación del año (Portela *et al.*, 2016). El Pacífico Tropical frente a México (PTM) es una zona de transición tropical-subtropical (Pennington *et al.*, 2006); Godínez *et al.*, 2010; Kurczyn *et al.*, 2012). Esta zona presenta una circulación compleja, donde se registran remolinos de mesoescala, así como procesos dinámicos en escalas interanuales y estacionales (Zamudio *et al.*, 2007; Godínez *et al.*, 2010).

El PTM en la entrada del Golfo de California es un área de convergencia, donde se encuentra un brazo costero de la Corriente de California (CC), denominado brazo tropical de la CC, este brazo fluye hacia las costas de Sinaloa donde es interceptada por la Corriente Costera Mexicana (CCM) que fluye hasta la entrada del Golfo (Fig. 3) (Godínez *et al.*, 2010).

El (PTM) se puede observar una región de circulación ciclónica permanente influenciada por la (CCM), la cual es generada localmente por el rotacional del esfuerzo de viento la cual esta desconectada de la circulación ecuatorial (Lavín *et al.*, 2006; Godínez *et al.*, 2010; Gómez-Valdivia *et al.*, 2015).

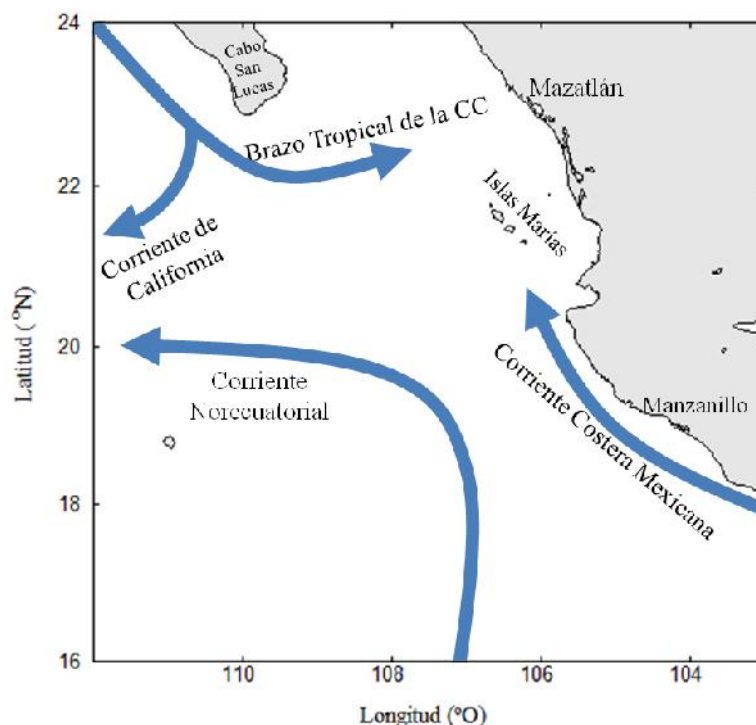


Figura 3. Esquema de la circulación oceánica en el PTM, tomado de León Chávez, (2015).

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ZMO somera en el Pacífico Tropical frente a México, es la región hipóxica natural más grande del mundo, pero a su vez, es una de las menos estudiadas. Por lo cual el conocimiento es escaso acerca del efecto de la hipoxia sobre la distribución y abundancia de las larvas de peces en esta región.

La comunidad del zooplancton, incluyendo las larvas de peces, es altamente sensible a los cambios del ambiente, y por lo tanto son menos tolerantes a la hipoxia que los organismos adultos. Aunado a lo anterior, la presencia del evento ENSO podría tener efectos potencialmente catastróficos o benéficos para muchos organismos, puesto que al incrementar o disminuir la temperatura, la profundidad de la capa de mezcla y la termoclina, es muy probable que los hábitats de larvas de peces se modifiquen, con impacto incierto. Este trabajo es importante porque en él se describe y compara por primera vez los HLP y su composición específica bajo los efectos de la fase cálida de un evento ENSO 2015-2016 conocido como “El Niño Godzilla” contra la fase fría de un evento ENSO que ocurrió en 2012, en la región del Pacífico Tropical frente a México.

V. HIPÓTESIS

Con base en estudios previos enfocados a la identificación de hábitats de larvas de peces realizados en la región de estudio, donde se define un hábitat sobre la oxiclina y otro debajo de ésta (Davies *et al.*, 2015; Apango-Figueroa *et al.*, 2015) y considerando que durante las fases cálidas de los eventos ENSO en otras regiones del Pacífico se incrementa la temperatura del mar y se profundiza la termoclina y oxiclina, mientras que las condiciones se invierten durante las fases frías de los eventos ENSO:

En el área de estudio se espera un decremento en la abundancia larvaria total pero un incremento de la riqueza específica durante la fase cálida “El Niño Godzilla” del evento ENSO 2015-2016, mientras que en la fase fría del evento ENSO se invierten estas tendencias.

Asimismo, se espera encontrar un hábitat de larvas de peces recurrente sobre la oxiclina ($\geq 44 \mu\text{mol/kg}$) asociado a agua Transicional Tropical y otro debajo de ésta ($< 44 \mu\text{mol/kg}$) asociado a la masa de agua Subtropical Sub-superficial, ambos con mayor profundidad durante la fase cálida del evento ENSO “El Niño Godzilla” que durante la fase fría.

Durante la fase cálida del evento ENSO “El Niño Godzilla”, se espera encontrar un hábitat de larvas de peces asociado a la masa de agua Tropical Superficial que incursiona al área de estudio durante este tipo de eventos interanuales.

VI. OBJETIVO

Identificar hábitats de larvas de peces y su composición específica en la zona de mínimo oxígeno en el Pacífico Tropical frente a México durante un evento ENSO en fase fría (abril 2012) y un evento ENSO en fase cálida (marzo 2016).

VI.I OBJETIVOS PARTICULARES

-) Conocer la composición, distribución y abundancia de larvas de peces en los cruceros analizados.
-) Definir hábitats de larvas de peces y caracterizarlos ecológica y ambientalmente.
-) Identificar evidencias generadas por evento “El Niño Godzilla 2015-2016”.

VII. METODOLOGÍA

VII.I OBTENCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS AMBIENTALES Y MUESTRAS BIOLÓGICAS

El proyecto de investigación fue sustentado en dos campañas oceanográficas realizadas a bordo del B/O “Alpha Helix” Centro de Investigación Científicos y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) en la ZMO en el Pacífico Tropical frente a México. Uno de ellos se llevó a cabo en abril 2012 (del 26 de abril al 5 de mayo), durante la fase fría del evento ENSO “La Niña” (Fig. 4A), y otro en marzo 2016 (del 2 al 10 de marzo), durante la fase cálida del evento ENSO denominado como “El Niño Godzilla 2015-2016” (Fig. 4B).

Con fines prácticos y comparativos solo se utilizó el transecto “BE” de la campaña oceanográfica GOLCA1204 y el transecto “AB” de la campaña oceanográfica MARIAS1603 ya que fueron los transectos que presentaron mayor similitud en distancia y ubicación, los transectos fueron divididos en tres secciones: “Norte”, “Central” y “Sur”, para facilitar la explicación de las condiciones físicas.

Los datos de CTD y muestras de zooplancton se obtuvieron a lo largo de un transecto desde la entrada del Golfo de California hasta frente a Cabo Corrientes, durante abril 2012 (Fig. 4A) se muestrearon 41 estaciones con datos hidrográficos (datos de CTD) y 19 estaciones con datos biológicos tomados en 3 diferentes estratos de muestreo.

Durante marzo 2016 (Fig. 4B), donde se muestrearon 24 estaciones con datos hidrográficos de las cuales 16 estaciones contaron con datos biológicos tomados a 3 diferentes estratos de muestreo.

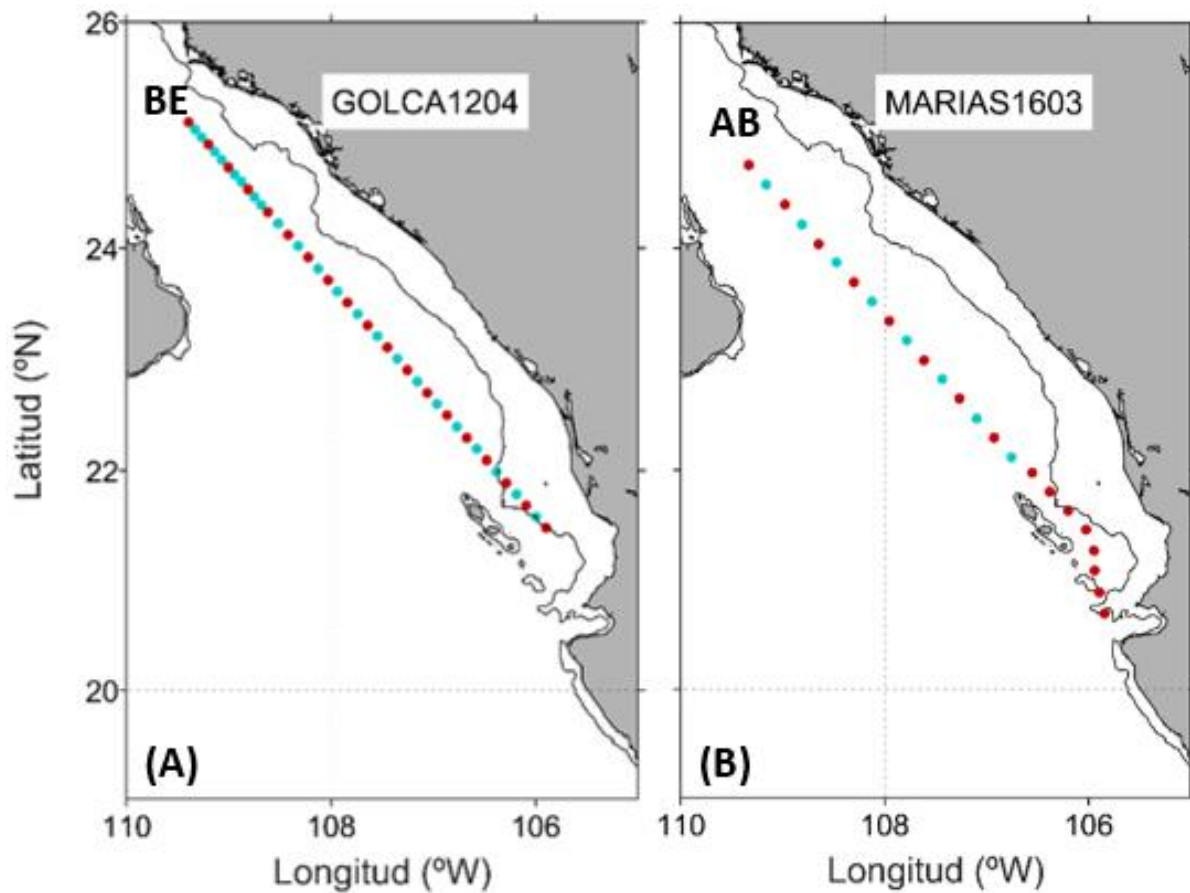


Figura 4. Estaciones de muestreo de: (A) “GOLCA 1204” y (B) “MARIAS 1603”. Estaciones de CTD círculo color (azul), estaciones biológicas más CTD círculos color (rojo).

Las lecturas de temperatura, salinidad, clorofila *a* y densidad se tomaron hasta 1000 m de profundidad (o ~ 5 m sobre el fondo marino si este es somero) con un CTD Sea-Bird SBE-911 plus equipado con sensores oxígeno disuelto y fluorescencia, y una tasa de muestreo de 24 Hz. Los datos fueron procesados y promediados a 1dbar la temperatura conservativa (°C), la salinidad absoluta (SA g/kg) y la anomalía de densidad (σ_t kg/m³), las cuales fueron calculadas a partir de la temperatura *in situ* y la salinidad práctica usando los paquetes computacionales TEOS-10, obtenidos del sitio www.TEOS-10.org (IOC *et al.*, 2010). La concentración de clorofila *a* (mg /m³) fue calculada internamente por el fluorímetro, produciendo un aproximado de biomasa de fitoplancton para ser usada al explicar la distribución de fitoplancton en relación a estructuras físicas. Las profundidades de la capa de mezcla superficial del océano se calcularon siguiendo la metodología de (Kara *et al.*, 2000). Las profundidades de la termoclina se calcularon con el máximo gradiente de temperatura.

Con base en el conocimiento previo de la distribución vertical de las larvas de peces (Danell-Jiménez *et al.*, 2009; Sánchez-Velasco *et al.*, 2014) y la estructura vertical de la columna de agua, se seleccionaron tres estratos de profundidad en cada estación de muestreo. El primer estrato fue desde la superficie hasta el límite superior de la termoclina; el segundo cubrió la termoclina, y el tercero fue del límite superior de la ZMO (0.1 mL/L) al límite inferior de la termoclina. La profundidad de cada muestra (Tabla 1 y 2) se decidió después de una inspección visual del perfil CTD que precedió a cada arrastre de zooplancton.

Los lances se realizaron durante el día y la noche utilizando redes cónicas de apertura-cierre con un diámetro de boca de 60 cm, longitud de red de 250 cm y un haz de malla de 505 μm (<http://www.generaloceanics.com/>). Para conocer la profundidad real de cada estrato, la profundidad de la red se calculó por el método de coseno del ángulo del cable, siguiendo las especificaciones estándar de Smith & Richardson (1979). El volumen de agua filtrada se calculó usando medidores de flujo calibrados colocados en la boca de cada red. Las muestras se fijaron con un 5% de formaldehído amortiguado con borato de sodio.

La biomasa del zooplancton se estimó mediante el método del volumen desplazado (Smith, 1971; Kramer, 1972; Beers, 1976), y se normalizó a mL / 1000 m³. Las larvas de peces fueron separadas de las muestras con ayuda de un microscopio estereoscópico y fueron identificadas al nivel taxonómico más preciso de acuerdo con las descripciones del Atlas CalCOFI No. 33 (Moser, 1996). La identificación se realizó tomando en cuenta las características morfométricas, merísticas y la pigmentación presente en los organismos. Los organismos que presentaron un estadio superior al larval (juveniles) no fueron considerados en este estudio. El número de larvas se estandarizó a larvas por 10 m² (Smith & Richardson, 1979; Moser & Smith, 1993), mediante la siguiente fórmula:

$$N_{\text{d}} / 10 = \frac{(N_{\text{d}} \cdot l_{\text{d}}) \cdot (p_{\text{r}} \cdot m) \cdot 1}{(v_{\text{d}} \cdot n_{\text{d}} \cdot a_{\text{f}} \cdot m)}$$

VII.II ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Se realizaron pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis (Sokal & Rohlf, 1985; Siegel & Castellan, 1988) para evaluar el significado estadístico de las diferencias en la biomasa del zooplancton y la abundancia total de larvas entre el día y la noche y entre los tres estratos de profundidad. Cuando se rechazó la hipótesis nula, se utilizó una prueba de comparación

múltiple (Olmstead-Tukey) para establecer entre que pares de estratos existían diferencias significativas (Daniel, 2008).

Se determinó la presencia de grupos de muestras o hábitats de larvas de peces, para lo cual se aplicó un análisis de conglomerados basado en una matriz de abundancia transformada a raíz cuarta (Clarke & Ainsworth, 1993). Las especies que contribuyeron con una frecuencia de ocurrencia < 2 fueron excluidas de la matriz, se consideraron sólo las especies más representativas del área de estudio. Se realizó un dendrograma basado en una matriz de disimilitud de Bray-Curtis (Sokal & Rohlf, 2012), mediante el método de agrupamiento flexible ($\beta = 0.25$).

Se utilizó el índice de diversidad de Simpson utilizando la matriz de datos brutos exceptuando las especies con una frecuencia de ocurrencia < 2. Los valores de las especies indicador se calcularon con el método propuesto por Dufrêne & Legendre, (1997) y con el programa PC-ORD, 6.08 se estableció la especie indicadora de cada hábitat. Se realizó un análisis (SIMPER) (PRIMER; Clarke & Warwick, 2001) con el cual se observó la contribución de las especies en las agrupaciones creadas.

Para relacionar los hábitats de larvas de peces con las variables ambientales se aplicó un análisis de correspondencia canónica (ACCo) (Ter-Braak, 1986) donde la matriz de datos biológicos se transformó a raíz-raíz. La matriz ambiental contiene los valores de volumen desplazado de zooplankton (mL/1000 m³) en cada muestra y los valores promedio de temperatura Conservativa (°C), salinidad absoluta (g/kg), clorofila a (mg/m³) y oxígeno disuelto (mL/L) de cada muestra.

Tabla 1. Rangos de profundidad y grosor de cada muestra en abril del 2012 en el Pacífico Tropical Mexicano.

GOLCA1204	Capa de mezcla			Termoclina			ZMO		
Estaciones	Prof. Inicial	Prof. Final	Grosor real estrato	Prof. Inicial	Prof. Final	Grosor real estrato	Prof. Inicial	Prof. Final	Grosor real estrato
B01	19.8	0	19.8	90	25.3	64.7	130	96.7	33.3
B04	9.9	0	9.9	70	10.1	59.9	100	70.7	29.3
B07	18.4	0	18.4	70	22.5	47.5	120	72.5	47.5
B10	15.5	0	15.5	70	15.6	54.4	100	70.4	29.6
B13	19.8	0	19.8	80	24.3	55.7	120	85.7	34.3

E11	18.9	0	18.9	40	20.7	19.3	153	104.8	48.2
E13	10.7	0	10.7	50	10.1	39.9	150	108.7	41.3
E15	19.8	0	19.8	50	23.5	26.5	147	105.2	41.8
E17	9.5	0	9.55	80	20.5	59.5	120	84.2	35.8
E19	20.1	0	20.1	60	28.9	31.1	100	63.3	36.7
E21	14.8	0	14.8	25	14.5	10.1	65	22.9	42.1
E23	20.3	0	20.3	70	24.5	45.5	120	84.2	35.8
E25	9.0	0	9	50	14.6	35.4	100	57.7	42.3
E27	9.9	0	9.9	40	12.1	27.9	100	54.4	45.4
E29	20.6	0	20.6	40	22.7	17.3	90	47.4	42.6
E31	9.9	0	9.9	35	11	24.0	80	36.1	43.9
E33	10.2	0	10.2	40	7.9	32.1	50	40.7	9.3
E35	9.8	0	9.85	20	10.1	9.9	24	19.8	4.2
E37	9.0	0	9	25	15.5	12.5	73	33.9	39.1

Tabla 2. Rangos de profundidad y grosor de muestra de marzo del 2016 en el Pacífico Tropical Mexicano.

MARIAS1603	Capa de mezcla			Termoclina			ZMO		
Estaciones	Prof. Inicial	Prof. Final	Grosor real	Prof. Inicial	Prof. Final	Grosor real estrato	Prof. Inicial	Prof. Final	Grosor real estrato
A01	21.9	0	21.9	91.0	20.9	70.0	191.1	94.9	96.2
A03	19.8	0	19.8	98.0	18.5	79.5	193.8	101.4	92.5
A05	14.8	0	14.8	125.9	20.4	105.5	222.7	122.7	100.0
A07	26.3	0	26.3	88.2	26.3	61.9	183.7	91.5	92.2
A09	38.9	0	38.9	47.6	26.3	21.3	107.7	48.2	59.6
A11	18.3	0	18.3	75.9	17.7	58.2	184.1	84.3	99.8
A13	31.9	0	31.9	78.4	35.5	42.9	182.1	90.4	91.7
A15	30.6	0	30.6	84.6	33.4	51.2	174.5	76.4	98.0
A17	16.8	0	16.8	62.6	15.5	47.1	196.0	78.3	117.7
A18	17.2	0	17.2	77.0	18.6	58.4	190.9	85.8	105.1
A19	25.2	0	25.2	67.9	29.7	38.2	158.2	76.7	81.5
A20	20.6	0	20.6	52.7	17.6	35.2	137.9	51.2	86.7
B01	47.9	0	47.9	74.2	49.3	25.0	92.5	65.6	27.0
B02	42.7	0	42.7	62.3	39.1	23.2	174.7	69.9	104.8
B03	15.2	0	15.2	50.2	17.1	33.0	90.3	47.5	42.8
B04	16.8	0	16.8	51.2	18.9	32.4	151.4	50.9	100.5

VIII. RESULTADOS

VIII.I DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LAS CONDICIONES HIDROGRÁFICAS

DISTRIBUCIÓN VERTICAL DEL OXÍGENO DISUELTO

La distribución de oxígeno disuelto para abril del 2012 (Fig. 5A) mostró que la capa oxigenada ($> 44 \mu\text{mol/kg}$) se presentó en profundidades máximas de 85 m en la sección Norte y sección Central, y en la sección Sur se ubicó a 35 m. La capa hipóxica ($44 - 4.4 \mu\text{mol/kg}$) presentó las mayores profundidades a 175 m en las secciones Norte y central, y en la sección Sur la zona hipóxica se encontró a 70 m de profundidad, siendo la zona más somera. La capa subóxica ($< 44 \mu\text{mol/kg}$) se detectó en profundidades de 80 m en la sección Sur, mientras que en la sección Norte y Central fluctuó entre 200 y 120 m, respectivamente.

La distribución de oxígeno disuelto a lo largo de marzo del 2016 (Fig. 5B) mostró que la capa oxigenada ($> 44 \mu\text{mol/kg}$) se presentó a profundidades máximas de 120 m en la sección Norte comportándose de manera similar la sección Central. La sección Sur presentó las menores profundidades ubicándose en 55 m. La capa hipóxica ($44 - 4.4 \mu\text{mol/kg}$) se detectó a profundidades mayores a 170 m en las secciones Norte y Central, y en la sección Sur alcanzó profundidades de 95 m. La capa subóxica ($< 44 \mu\text{mol/kg}$) fue detectada a profundidades mayores a 100 m en la sección Sur, siendo esta sección donde se encontró más somera la capa hipóxica y subóxica.

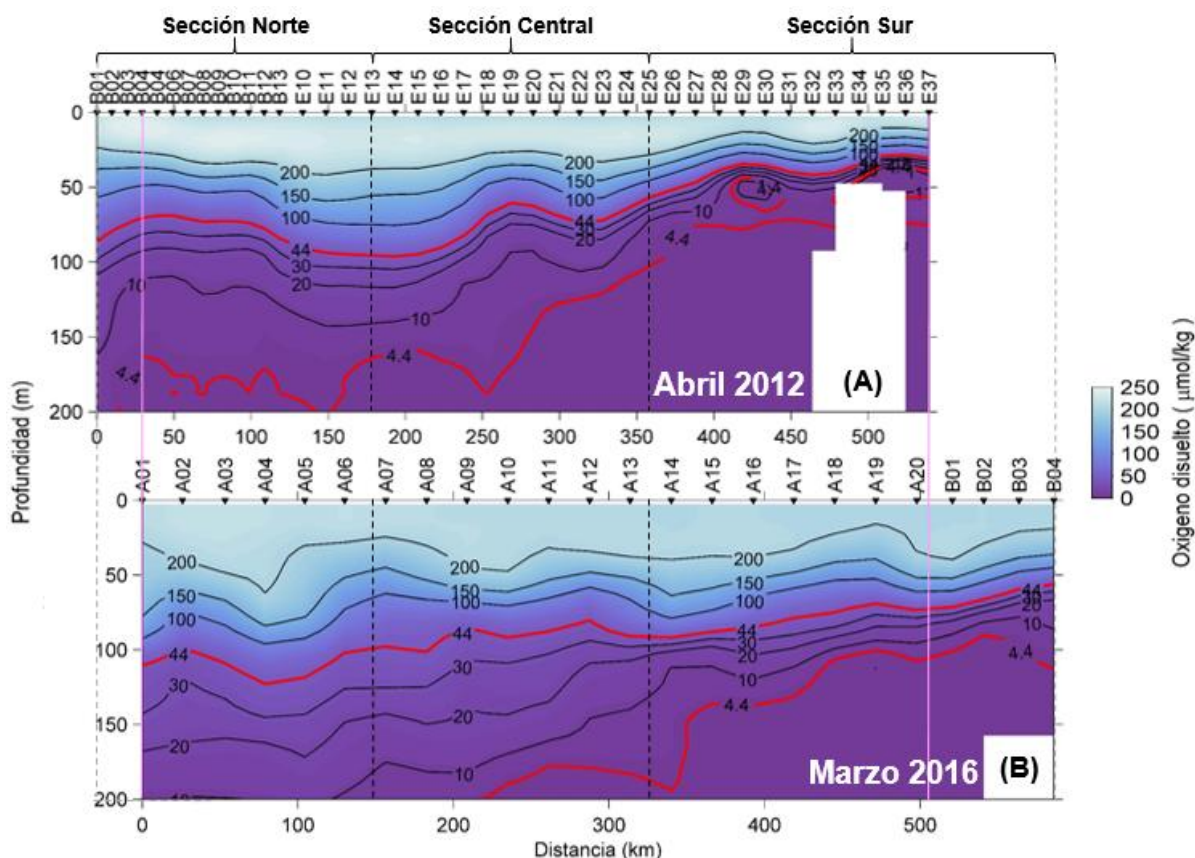


Figura 5. Distribución vertical de la concentración de oxígeno disuelto hasta 200 m de profundidad. Oxipletas (44 y 4.4 $\mu\text{mol/kg}$) resaltadas en color rojo: (A) abril del 2012 y (B) marzo del 2016.

DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LA SALINIDAD

La distribución de la salinidad para abril del 2012 (Fig. 6A) mostró que en la sección Norte presentó las mayores concentraciones de salinidad (35– 35.5 g/kg) a una profundidad de 120 m a superficie, las menores salinidades (34.3 – 34.9 g/kg) fueron detectadas en un pequeño núcleo entre la sección Norte y Sur, formando un fuerte frente salino en la sección Norte. La isohalina de 35 g/kg alcanzó profundidades de 130 m en dicha sección. Esta misma isohalina afloró en superficie en la sección Central y en la sección Sur es encontrada a 40m de profundidad.

La distribución de la salinidad durante marzo del 2016 (Fig. 6B) mostró que las mayores concentraciones de salinidad (35.2 - 35 g/kg) se ubicaron de 50 a 180 m de profundidad en la sección Norte y parte de la sección Central, la sección Central presentó salinidades (34.7 –

34.9 g/kg) en los primeros 20 m de la columna de agua y salinidades de 35 g/kg a profundidades de 50 m – 180 m, la sección Sur presentó las menores concentraciones de salinidades (≤ 34.4 g/kg) a profundidades inferiores a 40 m.

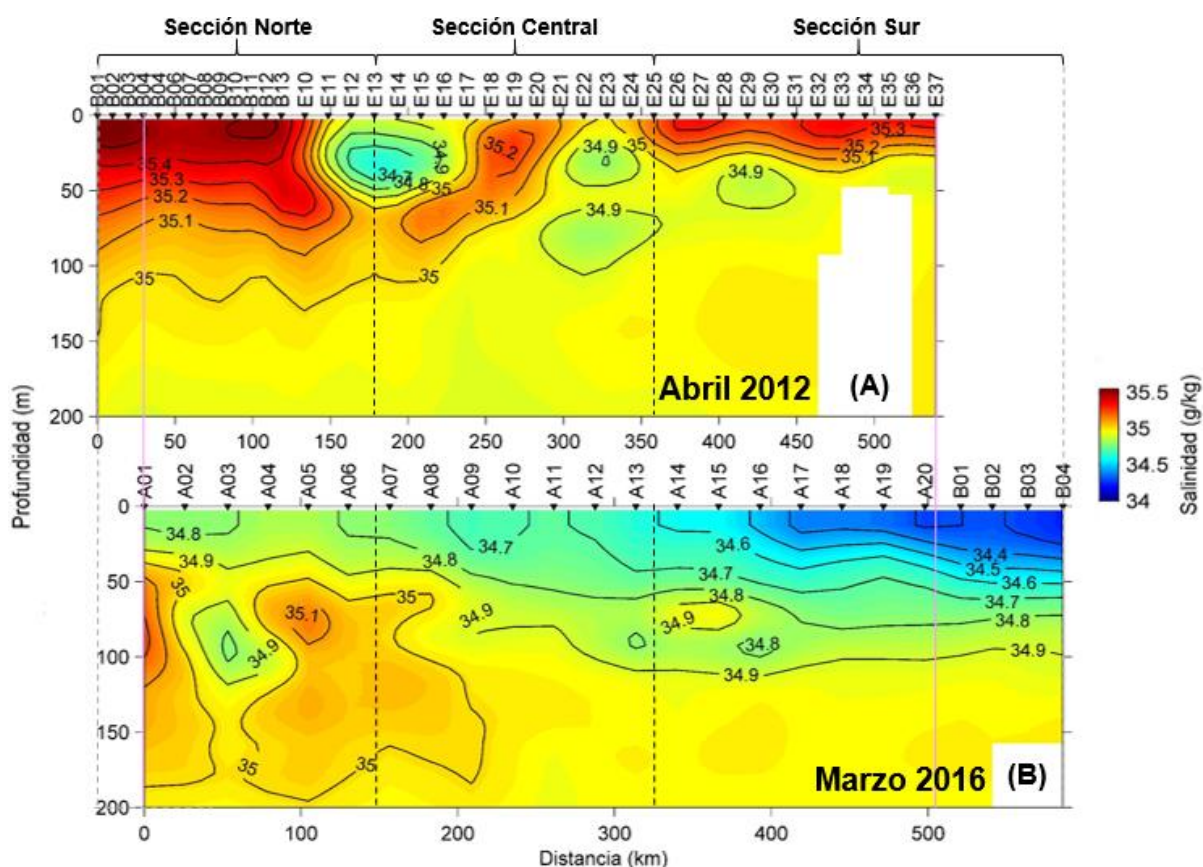


Figura 6. Distribución vertical de la concentración de salinidad hasta 200 m de profundidades: (A) abril del 2012 y (B) marzo del 2016.

DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LA TEMPERATURA

Los valores de temperatura durante abril del 2012 (Fig. 7A) mostraron que la termoclina presentó profundidades que fluctúan entre 15 m y 25 m, las secciones Norte, Central y parte de la sección Sur presentaron 25 m. En la sección Sur se encontró la menor profundidad de la termoclina 15 m. La capa de mezcla se comportó de manera similar con 20 m de profundidad en las dos secciones Norte y Central y la menor profundidad 10 m fue estimada en la sección Sur.

Los valores de temperatura durante marzo del 2016 (Fig. 7B) mostraron que la termoclina fluctuó su profundidad de 60 m a 105 m, con la mayor profundidad en la sección

Norte. En las secciones Central y Sur se encontró a profundidades de 65 m, encontrando la menor profundidad en la sección Sur. La capa de mezcla presentó fluctuaciones de profundidad de 50 m a 25 m, la mayor profundidad fue ubicada en la sección Norte, en la sección Central y Sur la capa de mezcla se detectó a 25 m de profundidad.

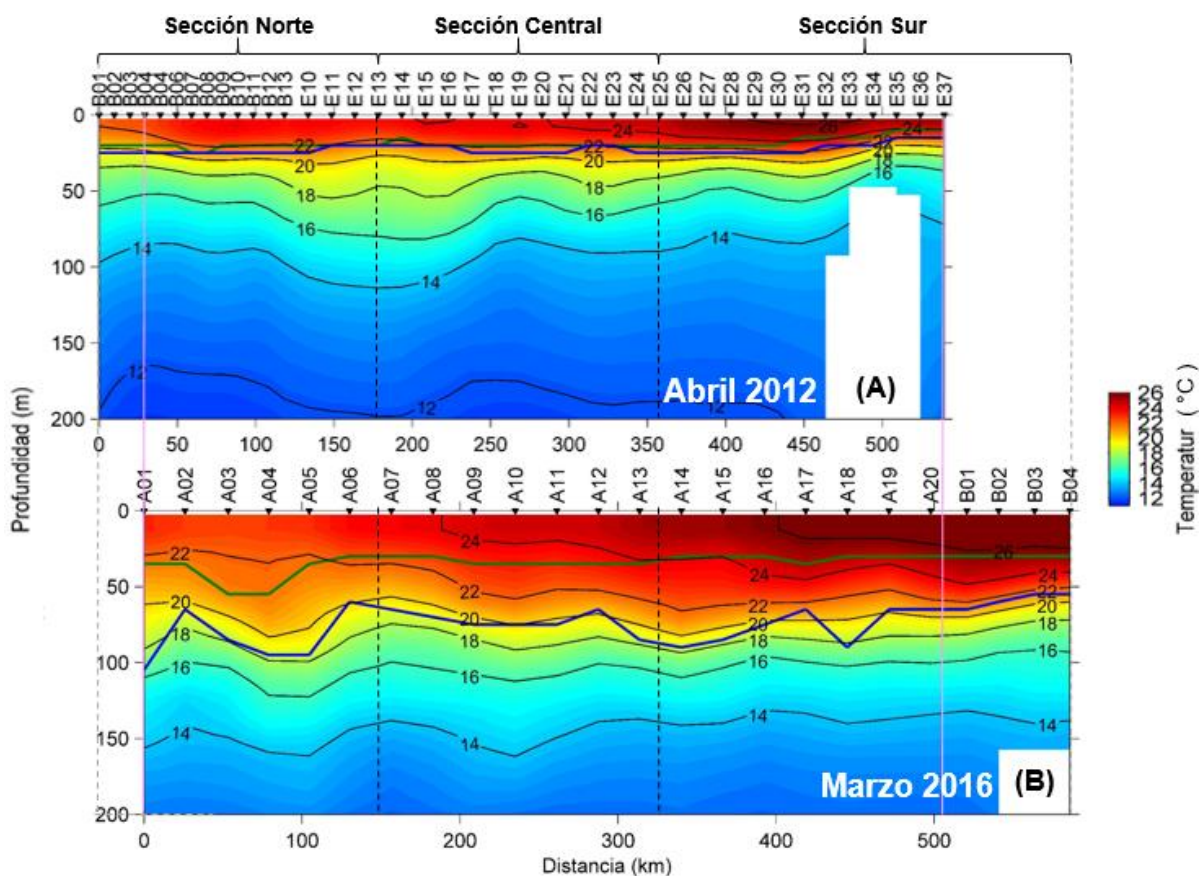


Figura 7. Distribución vertical de la temperatura hasta 200 m de profundidad. termoclina (línea azul) y capa de mezcla (línea verde): (A) abril del 2012 y (B) marzo del 2016.

DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE Chl-a

La distribución de la concentración de clorofila a durante abril del 2012 (Fig. 8A) mostró que las mayores concentraciones se presentaron en los primeros 50 m de la columna de agua. Se detectaron tres núcleos de clorofila a, el primer núcleo con concentraciones $\geq 1 \text{ mg/m}^3$ fue detectado en la sección Norte, el segundo fue detectado en la sección Central y el tercer núcleo se detectó en la sección Sur, siendo el núcleo que contó con el mayor volumen y concentración de clorofila a (2.5).

La distribución de la concentración de clorofila a durante marzo 2016 (Fig. 8B) reveló un escenario empobrecido, los pequeños núcleos detectados se ubicaron de 30 m a 50 m de profundidad, la sección Norte y Central comparten un pequeño núcleo con concentraciones $\geq 1 \text{ mg/m}^3$, la sección Sur contó con mayor volumen y concentración de clorofila a.

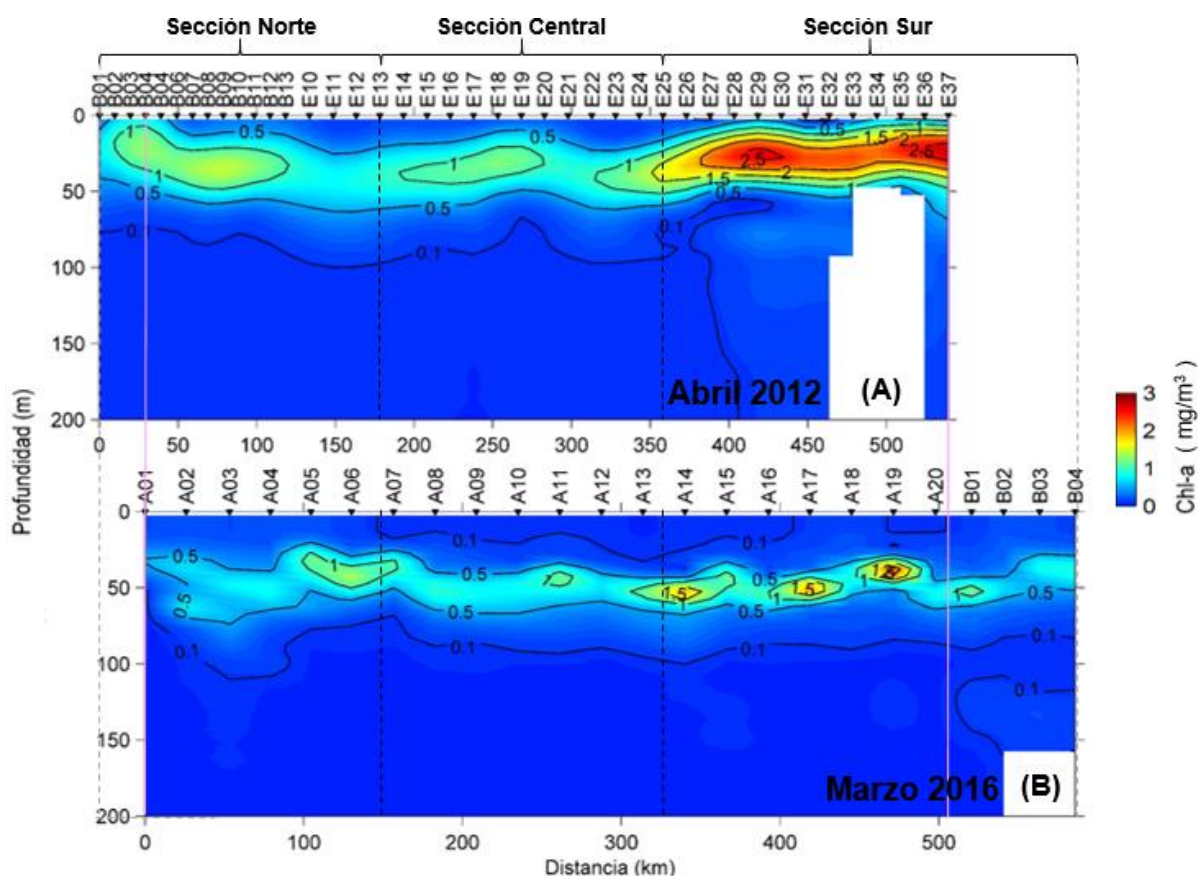


Figura 8. Distribución vertical de la concentración de clorofila a hasta 200 m de profundidad: (A) abril del 2012 y (B) marzo del 2016.

VIII.II ABUNDANCIA TOTAL DE LARVAS DE PECES

Las pruebas estadísticas de Mann-Whitney para determinar diferencias significativas entre el día y la noche reveló que no se presentaron diferencias significativas en ambos cruceros. La prueba de Kruskal Wallis mostró que existieron diferencias entre los estratos muestreados durante marzo 2016, y la prueba de Mann-Whitney reveló que el estrato capa de mezcla, con la mayor abundancia, presentó diferencias significativas entre el estrato termoclina ($P=0.0004$) y el estrato Zona de Mínimo Oxígeno (ZMO) ($P=0.0018$), mientras que el estrato termoclina y el estrato ZMO no presentaron diferencias entre sí. La prueba de Kruskal

Wallis para abril 2012 mostró que no se registraron diferencias en la abundancia larvaria durante el día y la noche entre los estratos muestreados.

Los valores de abundancia para abril 2012 presentaron un rango entre 36 y 16,613 larvas/10m² (Fig. 9A) con una diversidad 0.590 y una dominancia 0.409. Las mayores abundancias >1500 larvas/10m² fueron observadas principalmente en el estrato termoclina y las menores abundancias fueron observadas en el estrato ZMO (Tabla 3).

Los valores de abundancia para marzo 2016 presentaron un rango entre 2 y 847 larvas/10m² (Fig. 9B) con una diversidad 0.870 y una dominancia 0.129. Las mayores abundancias se encontraron en el estrato capa de mezcla, mientras que las menores abundancias fueron encontradas en el estrato termoclina (Tabla 3).

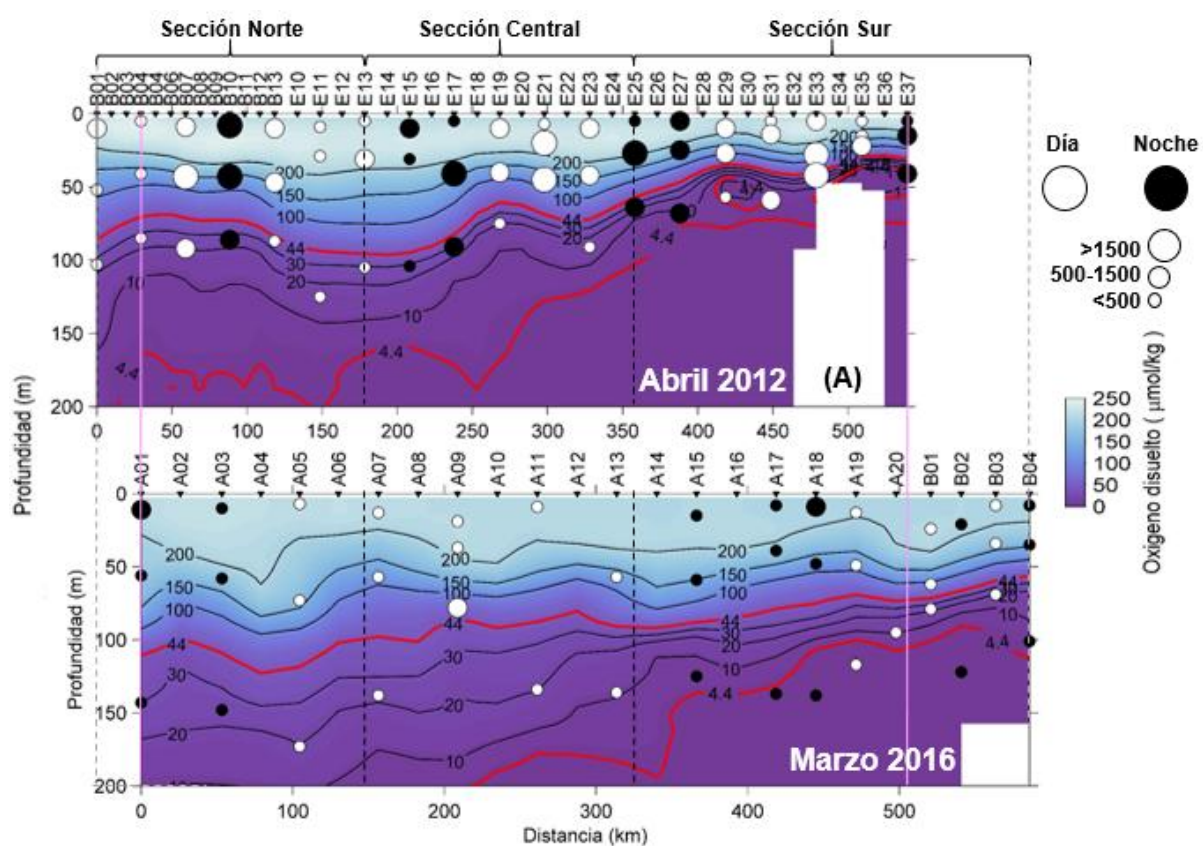


Figura 9. Distribución vertical de abundancia total de LP (larvas/10m²) y la concentración de oxígeno disuelto a 200 m: (A) abril 2012 y (B) marzo 2016. La abundancia de LP se presentó en los siguientes intervalos: círculo pequeño (abundancias <500 larvas/10m²), círculo mediano (abundancias 500-1500 larvas/10m²) y círculo grande (abundancias >1500 larvas/10m²). Colectas diurnas (círculo blanco), Colectas nocturnas (círculos negros).

Tabla 3. Abundancias de LP por muestra para abril del 2012 y marzo del 2016.

	Estación	Abril 2012 Estratos			Estación	Marzo 2016 Estratos		
		CM	T	ZMO		CM	T	ZMO
Sección Norte	B01	678	203	65	A01	847	65	7
	B04	189	297	75	A03	396	80	34
	B07	1037	1808	524	A05	122	12	9
	B10	6198	16613	1284				
	B13	739	880	209				
	E11	354	453	201				
	E13	312	1417	376				
Sección Central	E15	595	97	370	A07	99	10	40
	E17	272	2978	847	A09	120	2	509
	E19	1273	700	63	A11	52	-	6
	E21	207	3025	2918	A13	-	15	47
	E23	513	1249	136				
	E25	264	2154	777				
Sección Sur	E27	503	921	510	A15	99	4	85
	E29	699	559	36	A17	322	45	220
	E31	102	665	1321	A18	717	38	126
	E33	516	2886	6164	A19	205	191	203
	E35	338	198	1197	A20	-	-	73
	E37	245	1276	1092	B01	290	17	33
					B02	146	-	42
					B03	40	139	148
					B04	113	20	58

VIII.III HABITAS DE LARVAS DE PECES (HLP)

Para abril del 2012 se obtuvo un total de 19,104 larvas de peces (LP) las cuales se incluyeron en 54 taxones que pertenecieron a 31 familias con afinidad subtropical en su mayoría (Tabla 4).

Tabla 4. Listado taxonómico del abril 2012. Hábitat del adulto: demersales (D), batipelágicas (B), pelágico oceánico (PO), pelágico nerítico (PN), pelágico costero (PC), bento pelágico (BP) y asociado a arrecifes (RA). Afinidad: Subártico-Subtropical (SA-SBTR), Subártico-Templado (SA-TM), Subártico-tropical (SA-TR), Subtropical (SBTR), Templado-Subtropical (TM-SBTR), Templado-Tropical (TM-TR), Templado (TM), Tropical (TR) y Tropical-Subtropical (TR-SBTR). (♦) Especie indicadora HGC. (●) Especie indicadora del HTF. (■) Especie indicadora HIM.

Taxones	Familia	Hábitat Adulto	Afinidad biogeográfica
<i>Myrophis vafer</i>	Ophichthidae	D	SBTR
<i>Sardinops sagax</i>	Clupeidae	PN	SBTR
<i>Engraulis mordax</i>	Engraulidae	PN	SBTR
<i>Fistularia corneta</i>	Fistularidae	PC	TR-SBTR
<i>Fistularia commersonii</i>	Fistularidae	RA	TR-SBTR
<i>Bathylagidae tipo 1</i>	Bathylagidae	B	SA-TM
<i>Leuroglossus stilbius</i>	Bathylagidae	B	SA-TM
<i>Diplophos proximus</i>	Gonostomatidae	B	TM-TR
<i>Stomias atriventer</i>	Stomiidae	B	TM
<i>Aulopus bajacali</i>	Aulopidae	D	SBTR
<i>Scopelarchoides nicholsi</i>	Scopelarchidae	B	SBTR
<i>Scoplarchus guentheri</i>	Scopelarchidae	B	TM
<i>Bentosema panamense</i> ♦	Myctophidae	PO	TR-SBTR
<i>Diaphus pacificus</i>	Myctophidae	B	TM-TR
<i>Diogenichthys laternatus</i> ●	Myctophidae	B	SBTR
<i>Hygophum reinhardtii</i>	Myctophidae	B	TM-SBTR
<i>Lampadena urophaos</i>	Myctophidae	PO	TM-SBTR
<i>Lampanyctus parvicauda</i>	Myctophidae	B	TM-TR
<i>Myctophum aurolaternatum</i>	Myctophidae	B	TR-SBTR
<i>Triphoturus mexicanus</i>	Myctophidae	B	SBTR
<i>Bregmaceros bathymaster</i> ■	Bregmacerotidae	BP	SBTR
<i>Bregmaceros sp 1</i>	Bregmacerotidae	PO	TR-SBTR
<i>Laemonema verecundum</i>	Moridae	B	SBTR
<i>Cherublemma emmelas</i>	Ophidiidae	BD	TR-SBTR
<i>Desmodema lorum</i>	Ophidiidae	PO	TM-SBTR
<i>Lophotidae tipo 2</i>	Lophotidae	B	TM-TR
<i>Sebastes spp</i>	Scorpaenidae	D	SA-SBTR

<i>Triglidae tipo 1</i>	Triglidae	D	TM-SBTR
<i>Decapterus spp</i>	Carangidae	PC	SBTR
<i>Naucrates ductor</i>	Carangidae	RA	SBTR
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	Carangidae	BP	SBTR
<i>Caranx caballus</i>	Carangidae	PN	SBTR
<i>Selene peruviana</i>	Carangidae	BP	SBTR
<i>Caranx sexfasciatus</i>	Carangidae	PN	SBTR
<i>Echiodon exsilium</i>	Carapidae	D	TR-SBTR
<i>Coryphaena hippurus</i>	Coryphaenidae	PO	TR-SBTR
<i>Hoplopagrus guentherii</i>	Lutjanidae	RA	TR-SBTR
<i>Abudefduf troschelii</i>	Pomacentridae	RA	TR
<i>Mugil cephalus</i>	Mugilidae	BP	TM-TR
<i>Halichoeres dispilus</i>	Labridae	RA	TR-SBTR
<i>Chiasmodon niger</i>	Chiasmodontidae	B	SA-TR
<i>Labrisomus xanti</i>	Labrisomidae	RA	TR-SBTR
<i>Labrisomus multiporosus</i>	Labrisomidae	RA	TR-SBTR
<i>Eleotris picta</i>	Eleotridae	D	TR-SBTR
<i>Dormitator latifrons</i>	Eleotridae	D	SBTR
<i>Auxis spp</i>	Scombridae	PN	TR
<i>Cubiceps baxteri</i>	Nomeidae	PO	SBTR
<i>Psenes pellucidus</i>	Nomeidae	BP	SBTR
<i>Psenes sio</i>	Nomeidae	D	TM-SBTR
<i>Citharichthys gordae</i>	Paralichthyidae	D	TR-SBTR
<i>Etropus crossotus</i>	Paralichthyidae	D	SBTR
<i>Syacium ovale</i>	Paralichthyidae	D	SBTR
<i>Vinciguerria lucetia</i>	Phosichthyidae	B	TR-SBTR
<i>Engyophrys sanctilaurentia</i>	Bothidae	D	TR

El índice de disimilitud de Bray-Curtis y el dendrograma definió tres grandes grupos de muestras o de hábitats de LP con un corte de 80% de disimilitud (Fig. 10).

Por su ubicación geográfica los hábitats fueron denominados:

El HLP Golfo de California (HGC)

El HLP Transicional fase fría (HTF)

El HLP Islas Marías (HIM)

En el apéndice 1 se presenta un listado del análisis de agrupamiento (clúster) de las muestras que conforman cada HLP.

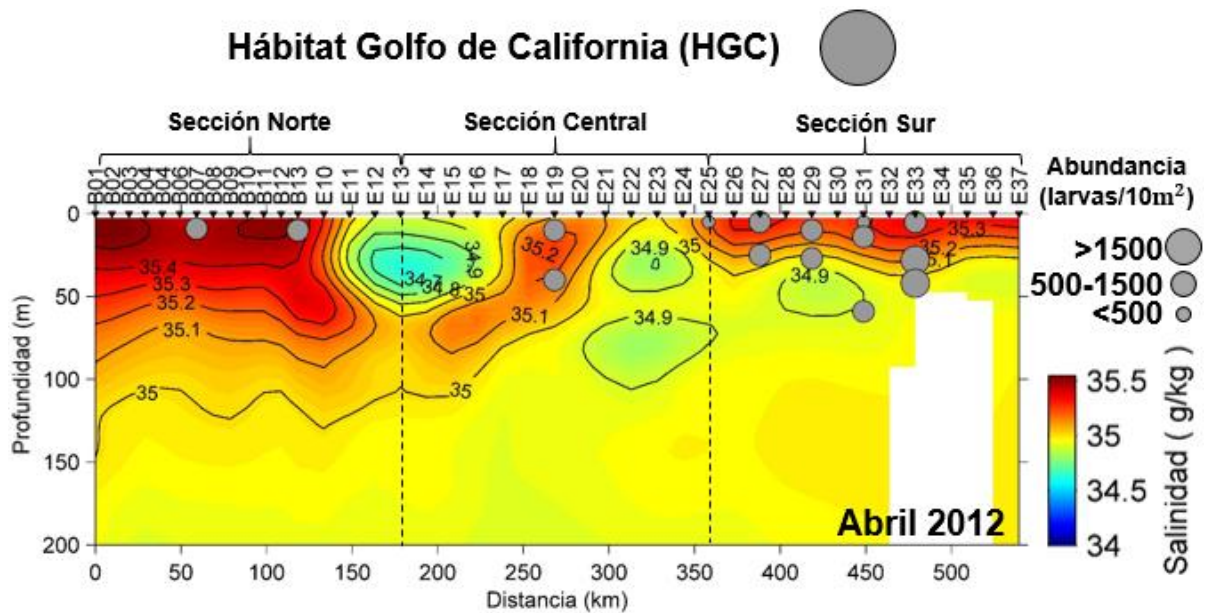


Figura 11. Hábitat Golfo de California durante (HGC) en fondo de salinidad (g/kg): abril 2012.

El HTF se ubicó en la sección Norte, Central y comienzo de la sección Sur (Fig.12), asociado a temperaturas bajas, prestando las mayores abundancias por debajo de la capa de mezcla y la termoclina.

Es definido por 36 muestras correspondiendo al 63.1% del total de muestras, con 25 taxones y un promedio de abundancia de 1,577 larvas/10m², la especie indicadora para este hábitat fue *Diogenichthys laternatus*, con un valor indicador de 78.3 y un porcentaje de contribución de 28.85% de acuerdo con el análisis SIMPER (Apéndice 2).

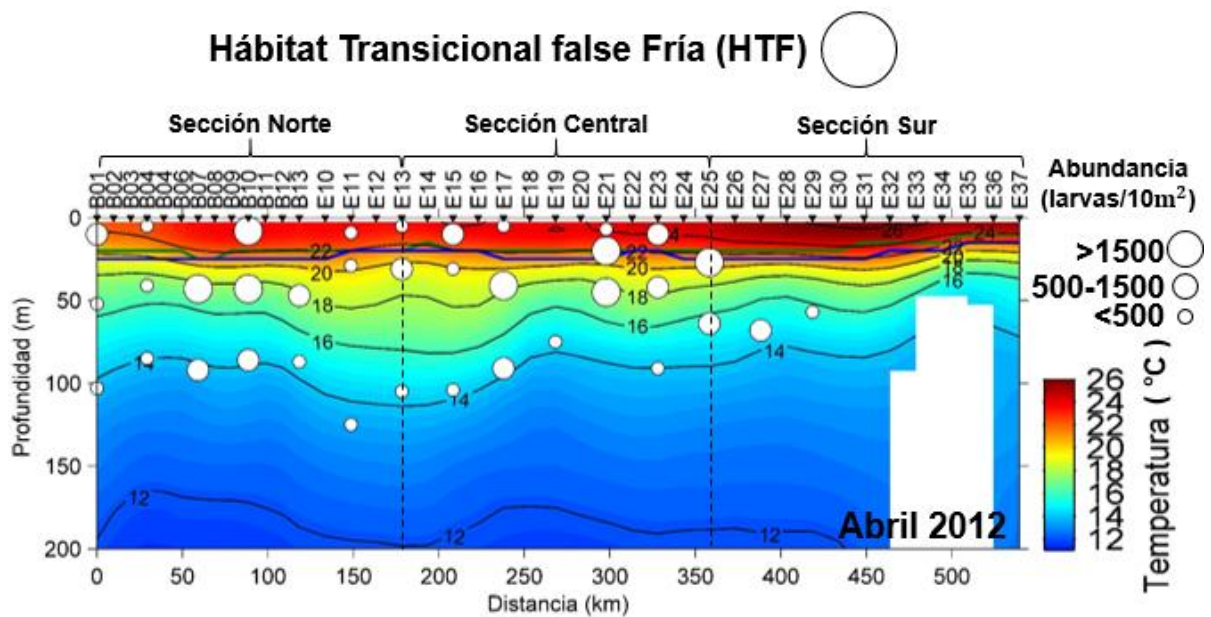


Figura 12. Hábitat Transicional fase Fría (HTF) en fondo de temperatura (°C). Capa de mezcla (línea verde) y termoclina (línea azul): abril 2012.

El HIM se ubicó únicamente en la sección Sur a una profundidad de < 50 m de profundidad (Fig. 13), encontrados en su mayoría en la capa oxigenada (>44µmol/kg).

Fue definido por 6 muestras, correspondiendo al 10.5% del total de las muestras, con 10 taxones y una abundancia promedio de 140 larvas/10m², la especie indicadora para este hábitat fue *Bregmaceros bathymaster* con un valor indicador de 50.5, con hábito nerítico pelágico en su etapa adulta, con un porcentaje de contribución de 58.81% de acuerdo con el análisis SIMPER (Apéndice 2).

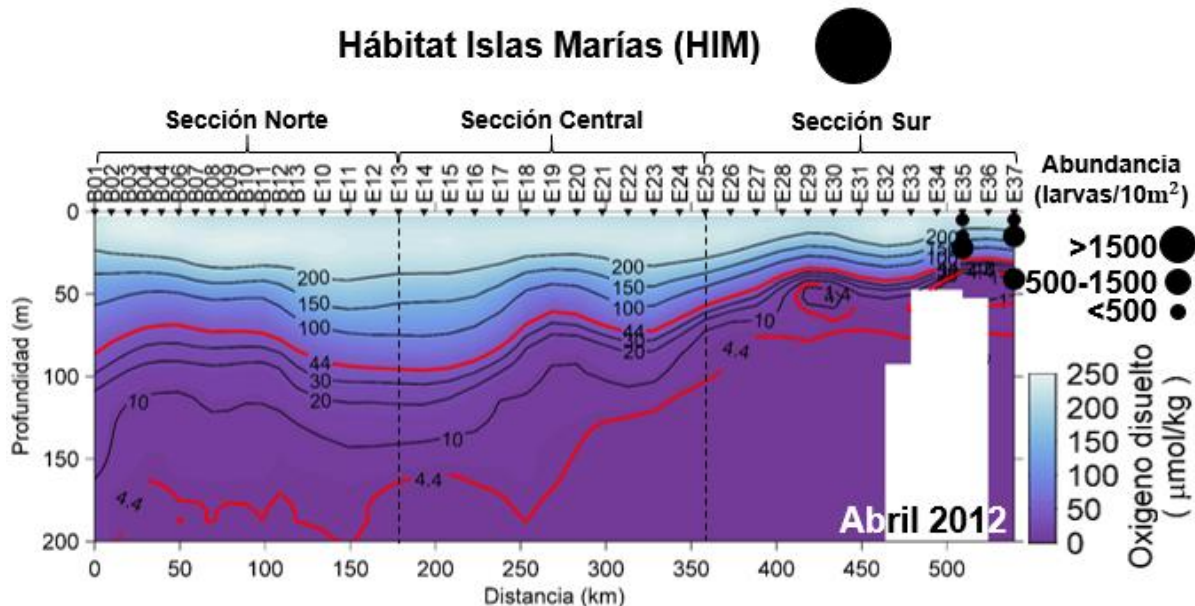


Figura 13. Hábitat Islas Marías (HIM) en fondo de oxígeno disuelto ($\mu\text{mol/kg}$). Resaltando límite superior ($44 \mu\text{mol/kg}$) e inferior ($4.4 \mu\text{mol/kg}$) de la zona hipóxica: abril 2012.

En marzo 2016 se obtuvo un total de 1,937 larvas de peces, dentro de las cuales se incluyen 65 taxones que pertenecen a 32 familias siendo de afinidad tropical en su mayoría. Solamente seis LP no fue posible identificarlas por su estado de conservación (Tabla 5).

Tabla5. Listado taxonómico de marzo 2016. Habitat del adulto: demersales (D), batipelágicas (B), pelágico oceánico (PO), pelágico nerítico (PN), pelágico costero (PC), bento pelágico (BP) y asociado a arrecifes (RA). Afinidad: Subártico-Subtropical (SA-SBTR), Subártico-Templado (SA-TM), Subártico-tropical (SA-TR), Subtropical (SBTR), Templado-Subtropical (TM-SBTR), Templado-Tropical (TM-TR), Templado (TM), Tropical (TR) y Tropical-Subtropical (TR-SBTR). (♦) Especie indicadora HGC. (▲) Especie indicadora del HTC. (■) Especie indicadora HIM.

Taxones	Familia	Hábitat Adulto	Afinidad biogeográfica
<i>Myrophis valer</i>	<i>Ophichthidae</i>	D	SBTR
<i>Ophichthus triserialis</i>	<i>Ophichthidae</i>	D	SBTR
<i>Rhynchoconger nitens</i>	<i>Congridae</i>	D	TR-SBTR
<i>Sardinops sagax</i>	<i>Clupeidae</i>	PN	SBTR
<i>Engraulis mordax</i>	<i>Engraulidae</i>	PN	SBTR
<i>Bathylagoides wesethi</i>	<i>Bathylagidae</i>	B	SA-TM
<i>Vinciguerria lucetia</i>	<i>Phosichthyidae</i>	B	TR-SBTR
<i>Synodus sp 4</i>	<i>Synodontidae</i>	RA	TM-SBTR
<i>Gonichthys tenuiculus</i>	<i>Myctophidae</i>	B	TR-SBTR

<i>Myctophum aurolaternatum</i>	<i>Myctophidae</i>	B	TR-SBTR
<i>Lampanyctus parvicauda</i>	<i>Myctophidae</i>	B	TM-TR
<i>Hygophum reinhardtii</i>	<i>Myctophidae</i>	B	TR-SBTR
<i>Nannobranchium idostigma</i>	<i>Myctophidae</i>	B	TR-SBTR
<i>Diaphus pacificus</i>	<i>Myctophidae</i>	B	TM-TR
<i>Diogenichthys laternatus</i>	<i>Myctophidae</i>	B	SBTR
<i>Benthoosema panamense</i>	<i>Myctophidae</i>	PO	TR-SBTR
<i>Bregmaceros sp 1</i>	<i>Bregmacerotidae</i>	PO	TR-SBTR
<i>Bregmaceros bathymaster</i>	<i>Bregmacerotidae</i>	BP	SBTR
<i>Ophidion sp 3</i>	<i>Ophidiidae</i>	D	TM-TR
<i>Atherinella spp.</i>	<i>Atherinidae</i>	PN	TM-SBTR
<i>Scopelogadus mizolepis bispinosus</i>	<i>Melamphaidae</i>	B	TM-TR
<i>Fistularia commersonii</i>	<i>Fistulariidae</i>	RA	TR-SBTR
<i>Scorpaenodes xyris</i>	<i>Scorpaenidae</i>	RA	SA-TM
<i>Diplectrum sp 6</i>	<i>Serranidae</i>	D	TR-SBTR
<i>Lipropoma sp 1</i>	<i>Serranidae</i>	D	TR-SBTR
<i>Serranus sp 8</i>	<i>Serranidae</i>	RA	TR-SBTR
<i>Paranthias colonus</i>	<i>Serranidae</i>	RA	TR-SBTR
<i>Paralabrax sp 1</i>	<i>Serranidae</i>	RA	SBTR
<i>Apogon sp 2</i>	<i>Apogonidae</i>	RA	TR
<i>Trachurus symmetricus</i>	<i>Carangidae</i>	PO	SA-SBTR
<i>Caranx caballus</i>	<i>Carangidae</i>	PN	SBTR
<i>Caranx sexfasciatus</i>	<i>Carangidae</i>	PN	SBTR
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	<i>Carangidae</i>	BP	SBTR
<i>Eucinostomus gracilis</i>	<i>Gerreidae</i>	D	TR-SBTR
<i>Anisotremus davidsonii</i>	<i>Haemulidae</i>	D	SBTR
<i>Mulloidichthys dentatus</i>	<i>Mullidae</i>	RA	SBTR
<i>Chromis sp 3</i>	<i>Pomacentridae</i>	RA	TR-SBTR
<i>Stegastes rectifraenum</i>	<i>Pomacentridae</i>	D	SBTR
<i>Mugil cephalus</i>	<i>Mugilidae</i>	BP	TM-TR
<i>Polydactylus approximans</i>	<i>Polynemidae</i>	D	SBTR
<i>Labridae tipo 4</i>	<i>Labridae</i>	RA	TM-TR
<i>Iniistius pavo</i>	<i>Labridae</i>	D	TR
<i>Halichoeres semicinctus</i>	<i>Labridae</i>	RA	SBTR
<i>Halichoeres sp 5</i>	<i>Labridae</i>	RA	SBTR
<i>Xyrichtys mundiceps</i>	<i>Labridae</i>	D	SBTR
<i>Xyrichtys spp</i>	<i>Labridae</i>	D	SBTR
<i>Thalassoma sp 3</i>	<i>Labridae</i>	RA	SBTR
<i>Chiasmodon niger</i>	<i>Chiasmodontidae</i>	B	SA-TR
<i>Auxis spp</i>	<i>Scombridae</i>	PN	TR
<i>Eleotris picta</i>	<i>Eleotridae</i>	D	TR-SBTR
<i>Dormitator latifrons</i>	<i>Eleotridae</i>	D	SBTR

<i>Rhynogobius nicholsii</i>	Gobiidae	D	SBTR
<i>Sphyaena ensis</i>	Sphyaenidae	PO	TR-SBTR
<i>Scomber japonicus</i>	Scombridae	PN	SBTR
<i>Cubiceps pauciradiatus</i>	Nomeidae	B	TM-SBTR
<i>Psenes sp 3</i>	Nomeidae	BP	TM-SBTR
<i>Psenes sio</i>	Nomeidae	BP	TM-SBTR
<i>Citharichthys sp 2</i>	Paralichthyidae	D	TR-SBTR
<i>Citharichthys platophrys</i>	Paralichthyidae	D	TR
<i>Etropus sp 3</i>	Paralichthyidae	D	SBTR
<i>Syacium ovale</i> ▲	Paralichthyidae	D	SBTR
<i>Bothus leopardinus</i>	Bothidae	D	TR-SBTR
<i>Symphurus sp 24</i>	Cynoglossidae	D	TR-SBTR
<i>Symphurus elongatus</i>	Cynoglossidae	D	TR
<i>Aluterus scriptus</i>	Monacanthidae	D	SBTR

El índice de disimilitud de Bray-Curtis definió tres grandes grupos de muestras o de hábitats de LP con un corte de 80% de disimilitud (Fig. 14). Según la matriz de datos de abundancia se obtuvo, que los tres grupos presentaron diferencias significativas entre sí (ANOSIM: $R=0.393$, $P<0.001$).

Por su ubicación geográfica los hábitats fueron denominados:

HLP Golfo de California (HGC)

HLP Transicional fase cálida (HTC)

HLP Islas Marías (HIM)

En el apéndice 3 se muestra un listado del análisis de agrupamiento (clúster) de las muestras que conforma cada HLP.

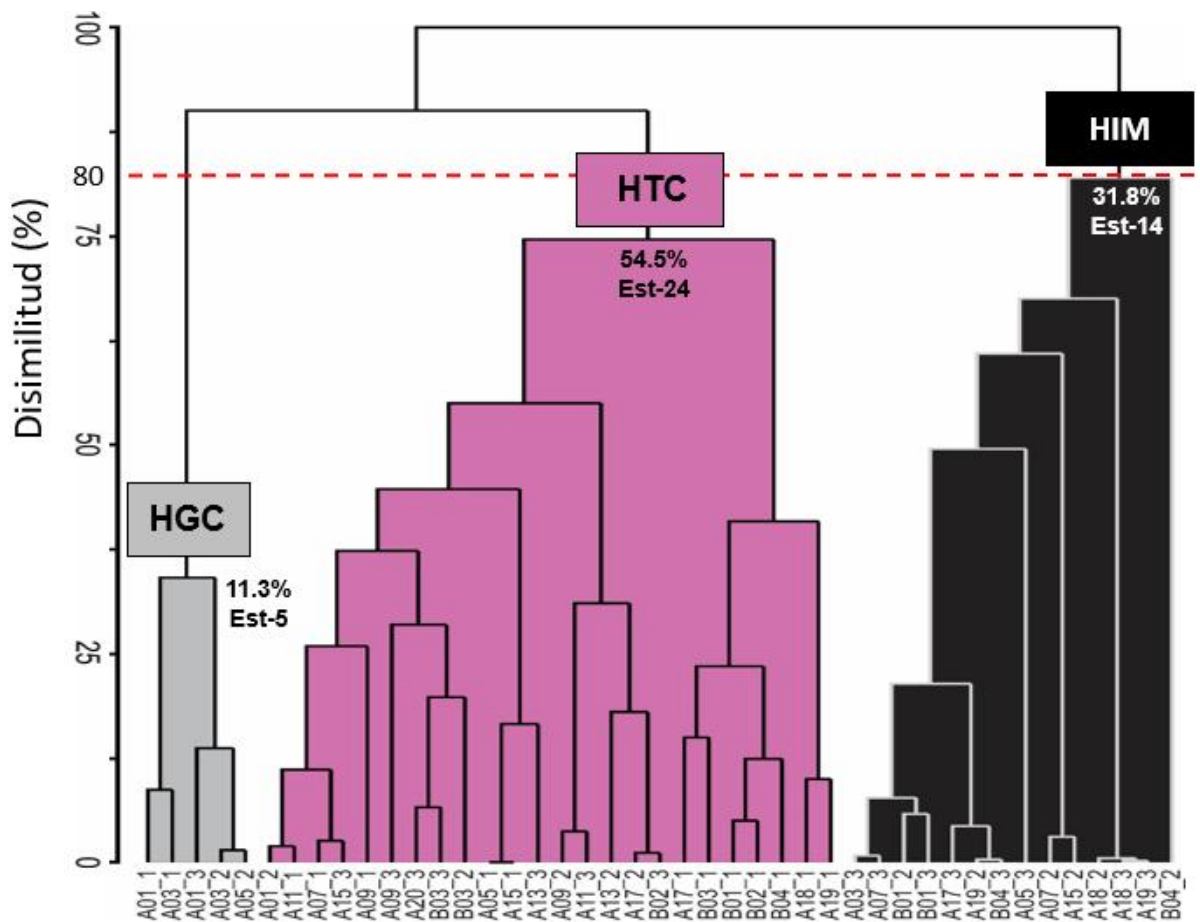


Figura 14. Dendrograma de los HLP: marzo 2016, definidos por el índice de disimilaridad de Bray-Curtis y el método aglomerativo flexible usando los agrupamientos (clúster) de las muestras, utilizándolo como HLP. HGC (color gris), 11.3% de las muestras, HTC (color lila), 54.5% de las muestras y HIM (color negro), 31.8% de las muestras.

El HGC se ubicó únicamente en la sección Norte (Fig. 15), asociado a salinidades ≥ 34.8 g/kg, se ubicó principalmente en la capa oxigenada ($>44\mu\text{mol/kg}$), en profundidades menores a 150 m.

Se definió por 5 muestras correspondiendo al 11.3% del total de las muestras, con 10 taxones y una abundancia promedio 37 larvas/10m², la especie indicadora para este hábitat fue ***Benthoosema panamense*** con un valor indicador de 98.40, con hábito mesopelágico en

etapa adulta, un porcentaje de contribución de 63.55% de acuerdo con el análisis SIMPER (Apéndice 4).

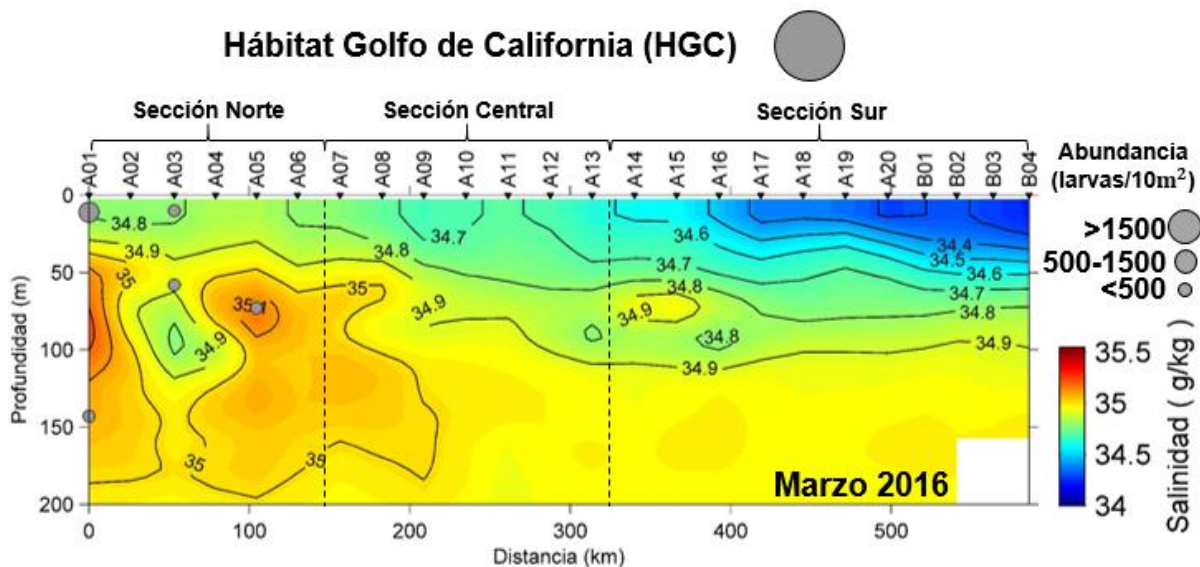


Figura 15. Hábitat Golfo de California (HGC) en fondo de salinidad (g/kg): marzo 2016.

El HTF cálida se ubicó en las tres secciones Norte, Central y Sur (Fig. 16), asociado a altas temperaturas, este hábitat presentó sus mayores abundancias por encima de la capa de mezcla y la termoclina, en la capa oxigenada (**>44µmol/kg**), fluctuando sus profundidades de 5m a 140m, teniendo la mayor abundancia en la sección Sur.

fue definido por 24 muestras correspondiendo al 54.5% del total de las muestras, con 36 taxones y una abundancia 97 larvas /10m², la especie indicadora para este hábitat fue ***Syacium ovale*** con un valor indicador de 62.50, con hábito demersal en su etapa adulta, con un porcentaje de contribución de 12.39% de acuerdo con el análisis SIMPER. (Apéndice 4).

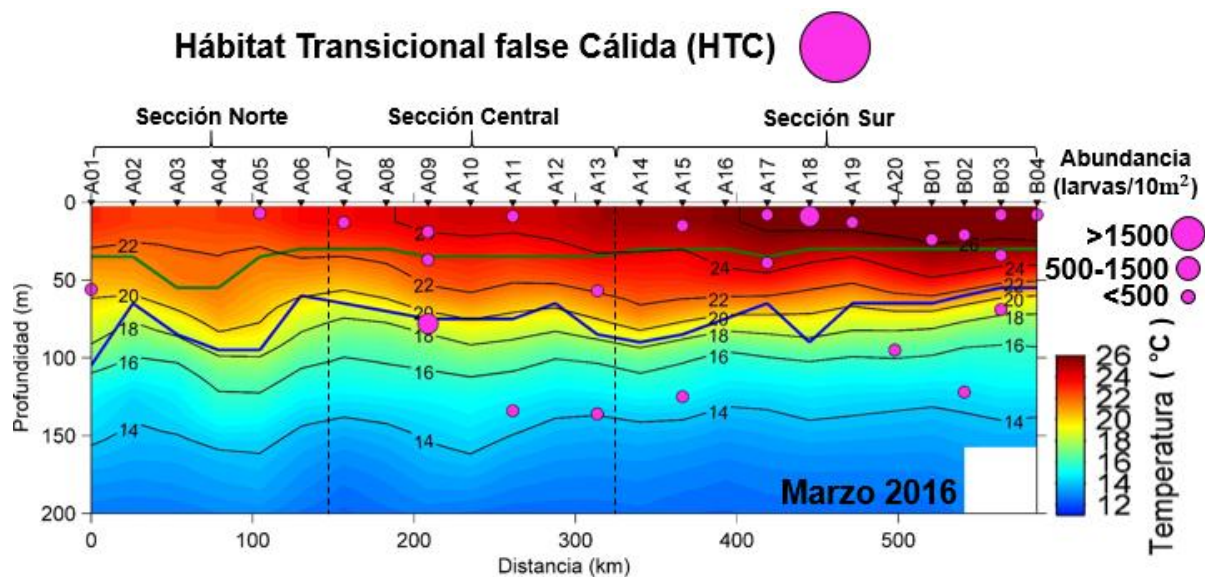


Figura 16. Hábitat Transicional fase Cálida (HTC) en fondo de temperatura (°C). Capa de mezcla (línea verde) y termoclina (línea azul): marzo 2016.

El HIM se ubicó principalmente en la sección Sur (Fig. 17), y la mayor abundancia se ubicó por debajo de la capa oxigenada ($>44\mu\text{mol/kg}$) en la zona hipóxica y subóxica, en profundidades de 40 m a 170 m.

se definió por 14 muestras, correspondiendo al 31.8% del total de las muestras, con 10 taxones y una abundancia promedio de 27 larvas/10m², la especie indicadora para este hábitat fue *Bregmaceros bathymaster* con un valor indicador de 44.20, con hábito nerítico pelágico en su etapa adulta, con un porcentaje de contribución de 55.63% de acuerdo con el análisis SIMPER (Apéndice 4).

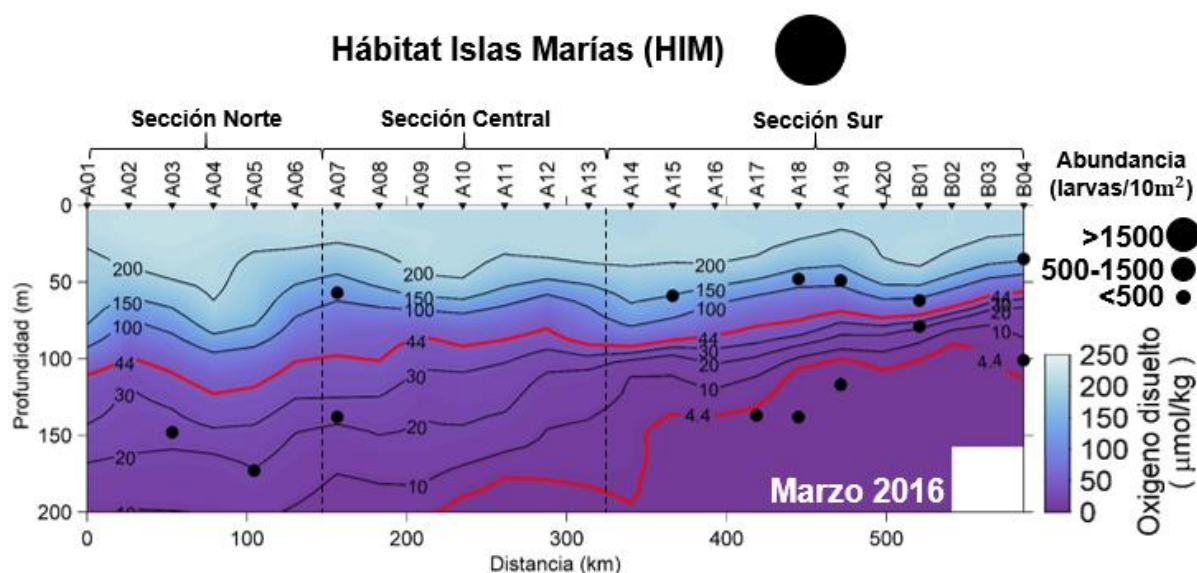


Figura 17. Hábitat Islas Marías (HIM) en fondo de oxígeno disuelto ($\mu\text{mol/kg}$). Resaltando límite superior ($44 \mu\text{mol/kg}$) e inferior ($4.4 \mu\text{mol/kg}$) de la zona hipóxica: marzo 2016.

VIII.IV ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA (ACCO).

El ACCo mostró un análisis de regresión múltiple entre los hábitats de larvas de peces y las variables ambientales (Fig 18). El primer eje registró una correlación 0.8709, con un auto valor de 0.3533, el segundo presentó una correlación de 0.7349 con un auto valor de 0.1941 y el tercer eje mostró una correlación de 0.7402 y un auto valor de 0.1174. La temperatura y la salinidad fueron las variables que mejor se correlacionaron con el primer eje, la salinidad y la clorofila a se correlacionaron con el segundo eje (Tabla 6).

Tabla 6. Varianza explicada por el análisis de correspondencia canónica entre los datos ambientales y abundancia de larvas de peces, y resultados de la correlación entre los ejes y la variable ambiental.

	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4
Auto valor	0.3533	0.1941	0.1175	0.0392
Correlación	0.8709	0.7349	0.7402	0.5181
Variable	Correlación			
Temperatura	0.5863	0.1111	0.5210	-0.0876
Salinidad	-0.6477	0.4064	0.1626	-0.1579
Oxígeno	0.2346	-0.0282	0.7057	-0.0674
Clorofila a	-0.1528	0.4399	0.1932	0.3818

El hábitat de larvas de peces del Golfo de California (círculos grises) se correlacionó significativamente con valores altos de salinidad y clorofila a. El hábitat de larvas de peces Transicional fase fría (círculos blancos) se correlacionó con valores altos de salinidad e inversamente correlacionado con valores bajos de temperatura. El hábitat de larvas de peces Transicional fase cálida (círculos lilas) fue correlacionado con valores altos de temperatura y oxígeno e inversamente correlacionados con valores bajos de salinidad. El hábitat de larvas de peces Islas Marías (círculos negros) mostró un intervalo amplio de variables ambientales, siendo consistente con su distribución a través de la columna de agua sin embargo fue la variable que presentó una correlación más alta con la clorofila a. (Fig. 18)

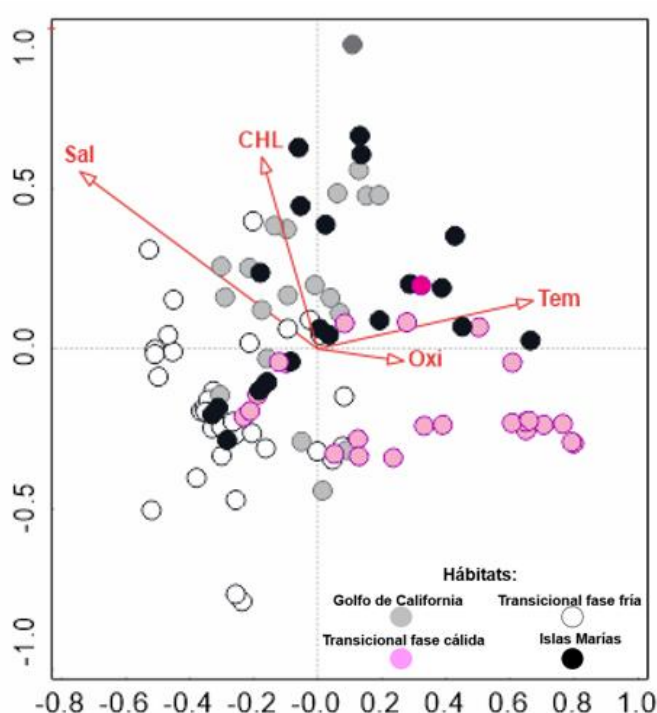


Figura 18. Análisis de Correspondencia Canónica (ACCo) correlacionó los HLP y las condiciones hidrográficas de los cruceros de: abril 2012 y marzo 2016. Hábitats: Golfo de California (círculos grises), Transicional fase fría (círculos blancos), Transicional fase cálida (círculos lilas) e Islas Marías (círculos negros). Variables hidrográficas: Oxígeno (Oxi), Temperatura (Tem), Clorofila a (CHL) y Salinidad (Sal).

VIII.V MASAS DE AGUA EN EL PACÍFICO TROPICAL FRENTE A MÉXICO Y LOS HÁBITATS DE LARVAS DE PECES

Durante abril del 2012 las masas de agua encontradas en la zona de estudio fueron ACG, AT, AStSs y AIPN. Las condiciones oxigenadas se encontraron en AGC y AT, La

condiciones hipóxicas se encontraron únicamente en AStSs mientras que las condiciones subóxicas se distribuyeron entre AStSs y AIPN (Fig. 19A).

En superficie (0-50 m) en la sección Norte dominó el AGC, en la sección Central dominó el AT y en la sección Sur nuevamente dominó el AGC. Por debajo de estas masas de agua (>100 m) se encontró el AStSs la cual se presentó de manera homogénea a lo largo del transecto. Asociado a la distribución del AGC se encontró el HGC principalmente en la sección Sur del transecto, por otra parte, asociado la distribución del AT se encontró el HTF principalmente en la sección Central y la sección Norte no presentó un patrón de distribución HLP con masas de agua definidas. El HIM no presentó una relación clara con las masas de agua encontradas (Fig. 20A).

Durante marzo del 2016 las masas de agua encontradas en la zona de estudio fueron AGC, AT, ATS, AStSs y AIPN. Las condiciones oxigenadas se encontraron en AGC, AT y ATS, las condiciones hipóxicas se encontraron en AStSs y las condiciones subóxicas se distribuyeron AStSs y AIPN (Fig. 19B).

En superficie (0-50 m) en la sección Norte, así como, en la sección Central dominó el AT, por otra parte, en la sección Sur se encontró el ATS, de manera sub-superficial se encontró en 2 núcleos de AGC únicamente en la sección Norte a profundidades de 51-125 m, el AStSs apartide de >125 m se presentó de manera homogénea a lo largo del transecto.

Asociado a la distribución del AGC se encontró el HGC únicamente en la sección Norte, sin embargo, no presentó una distribución clara con el AGC, asociado a la distribución del ATS se encontró el HTC, no obstante, la distribución del HTC es encontrado en diferentes masas de agua, a lo largo de todo el transecto, asociado a la distribución del AStSs se encontró el HIM (Fig. 20)

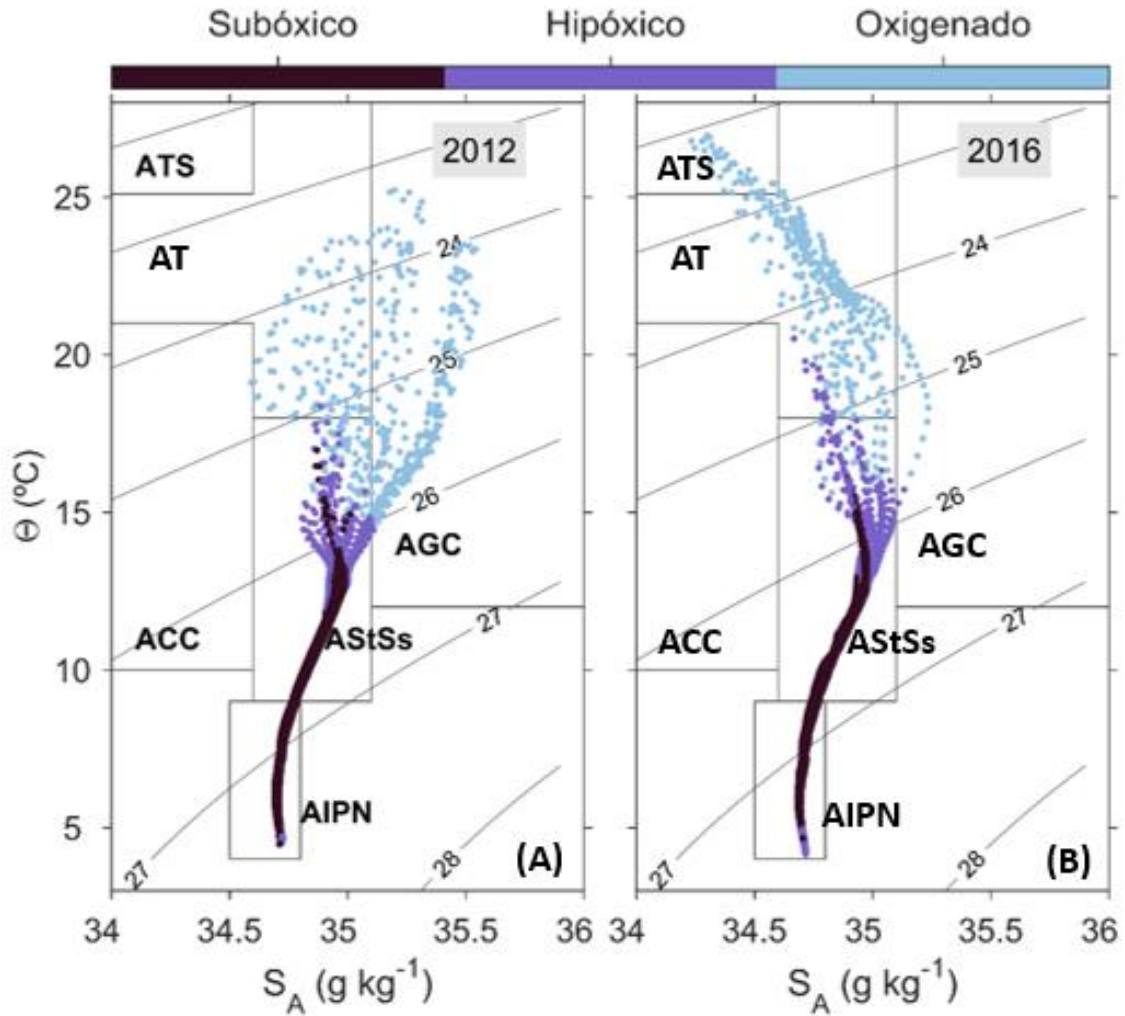


Figura 19. Diagramas TS del Pacífico Tropical Frente a México durante: abril de 2012 (A) y marzo 2016 (B). Agua Tropical Superficial (ATS), Agua Transicional (AT), Agua del Golfo de California (AGC), Agua de la Corriente de California (ACC), Agua Subtropical Subsuperficial (AStSs) y Agua Intermedia del Pacífico Norte (AIPN). Los límites termohalinos son basados en: Portela et al, (2016). Oxigenado ($> 44 \mu\text{mol/kg}$) color azul, hipóxico ($44 - 4.4 \mu\text{mol/kg}$) color morado y subóxico ($< 44 \mu\text{mol/kg}$) color negro.

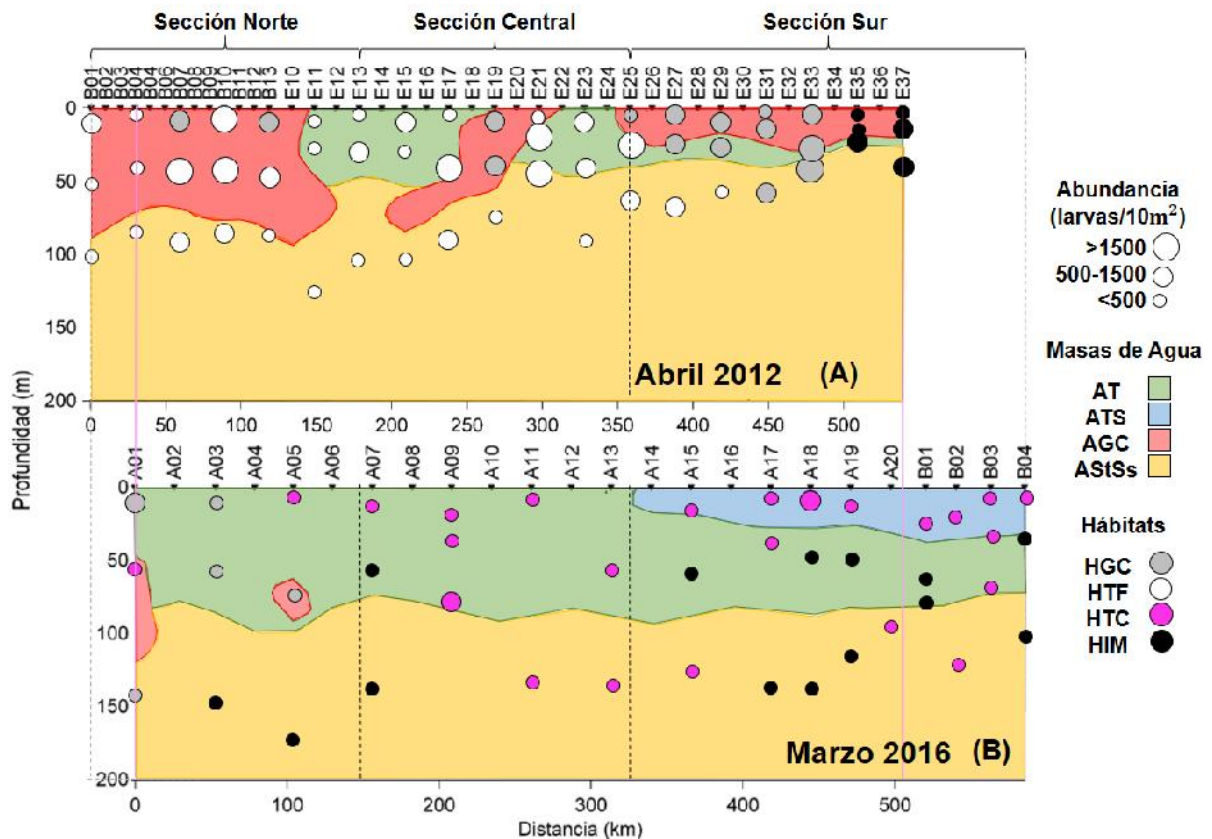


Figura 20. Distribución de las masas de agua en la columna de agua hasta 200 m de profundidad: abril 2012 (A) y marzo 2016 (B). AGC color rojo, AT color verde, AStSs color amarillo y ATS color azul. HGC (círculos grises), HTF (círculos blancos), HTF (círculos lilas) e HIM (círculos negros). Los límites termohalinos son basados en: Portela *et al*, (2016).

IX. DISCUSIÓN

En el presente estudio comparó por primera vez los HLP y su composición específica bajo los efectos de la fase cálida de un evento ENSO 2015-2016 conocido como “El Niño Godzilla” contra la fase fría de un evento ENSO que ocurrió en 2012.

Durante la fase cálida del evento ENSO “El Niño Godzilla”, se observó que la capa de mezcla fluctuó entre 50 - 25 m y la termoclina entre 105 - 60 m de profundidad en las cercanías de la boca del Golfo de California y Cabo Corrientes respectivamente. Estas profundidades contrastaron fuertemente con la observado durante la campaña realizada durante la fase fría del evento ENSO, donde se observó que la capa de mezcla fluctuó entre 20 y 10 m y la termoclina entre 30 y 20 m de profundidad, siendo muy someras en éste último periodo.

El hundimiento de la termoclina, el incremento de la temperatura en la capa de mezcla y las bajas concentraciones en clorofila *a* fueron una evidencia de la influencia de la fase cálida de un evento ENSO en el PTM, como ha sido reportado por otros autores en la misma región (Sánchez-Velasco *et al.*, 2017), en el sistema de la Corriente de California (McClatchie, 2016) y en el Pacífico Ecuatorial Oriental (Cane, 1983). Si bien las fases frías de los eventos ENSO ha sido menos estudiada dentro de la comunidad científica por el hecho de que son relativamente menores en frecuencia que las fases cálidas de los eventos ENSO, la disminución en la profundidad de la capa de mezcla, la termoclina y el aumento en la concentración de clorofila *a*, son evidencias de esta fase fría en la región.

En este contexto la distribución del oxígeno disuelto presentó fuertes gradientes a lo largo de la columna de agua en ambas épocas. Durante la fase cálida la capa oxigenada ($>44 \mu\text{mol/kg}$) se localizó ~ 85 m profundidad en la zona Norte y Central y ~ 65 m en la sección Sur. La capa subóxica ($<4.4 \mu\text{mol/kg}$) en la sección Norte y Central se encontró a profundidades > 200 m, mientras que, en la sección Sur se elevó hasta ~ 100 m de profundidad. Por lo que la capa hipóxica ($44 - 4.4 \mu\text{mol/kg}$) se redujo de norte a sur, con un grosor $\sim$ de 35 m en esta última sección.

Los gradientes de oxígeno disuelto observados en la fase cálida del evento ENSO, contrastaron con los observados en la fase fría del evento ENSO. La capa oxigenada se localizó ~ 90 m de profundidad en la sección Norte y Central, mientras que en la sección Sur se ubicó en una profundidad ~ 30 m. La capa subóxica ascendió a profundidades ~ 175 m en la sección Norte y Central y en la sección Sur alcanzó profundidades de ~ 75 m, por lo que se observó que la capa hipóxica se comprimió en las tres secciones, alcanzando en la sección Norte un grosor ~ 100 m, la sección Central con un grosor ~ 80 m y en la sección Sur un grosor ~ 40 m.

Los efectos de la disminución de la capa hipóxica en el PTM no pudieron cuantificarse de manera fiable, debido a la poca información histórica generada hasta el momento. Sin embargo, uno de los efectos que se presume genera el ascenso de agua subóxica, es el aumento en la mortalidad y pérdida de hábitat oxigenado vertical para los organismos pelágicos en general, principalmente en los organismos planctónicos (Fernández-Alamos & Farber-Lorda, 2006; Prince & Goodyear, 2006; Stramma *et al.*, 2008; Koslow *et al.*, 2011).

Desde el punto de vista biológico, analizando la distribución y composición específica de los HLP en cada fase del evento ENSO y su relación con las masas de agua presentes en

la región de estudio y su contenido de oxígeno disuelto, se observaron importantes relaciones físico-biológicas.

El hábitat recurrente HGC presentó 14 taxones durante la fase fría del evento ENSO, un número bajo comparado con lo reportado por Davies *et al.* (2015) quienes encontraron 37 taxones en febrero del 2010. El HGC dominó en la capa superficial oxigenada, en un rango de salinidad de 34.9 a 35.5 g/kg. Presentó sus mayores abundancias en la sección Sur, asociado a la extensión hacia el sur de la masa de agua del Golfo de California. El aumento en la extensión hacia el sur del AGC pudo ser causada por el aumento en la intensidad de los vientos alisios.

El mismo hábitat durante la fase cálida del evento ENSO presentó 10 taxones, decreció en extensión y abundancia, ubicándose en la sección Norte, en la capa oxigenada, en un rango de salinidad de 34.7 a 35.5 g/kg; esto asociado con el engrosamiento de la capa de mezcla y la incursión de masas de agua de origen tropical (ATS), causado por el cambio en el patrón hidrológico del área debido a la fase cálida del evento ENSO. Esta incursión hacia el norte de la masa de agua Tropical fue reportada también por autores como Filonov *et al.* (2003) y Portela *et al.* (2016) quienes documentaron el desplazamiento del Agua Tropical Superficial hacia la costa mexicana durante la fase cálida del evento ENSO.

La especie indicadora del HGC, *Benthoosema panamense*, es la misma que reportaron Danell-Jiménez *et al.* (2009), Apango-Figueroa *et al.* (2015) y Davies *et al.* (2015) en hábitats inmersos en aguas tropicales. *B. panamense* es una especie de hábito mesopelágico en su fase adulta, encontrándose en el océano frente a las costas centrales del Pacífico mexicano, con una preferencia de 28°N - 10°N, 115°W - 78°W. La presencia del HGC en la superficie durante las dos fases de los eventos ENSO se puede explicar por el hecho de que *B. panamense* en su etapa planctónica presenta una afinidad por aguas cálidas y con niveles altos de oxígeno disuelto (Apango-Figueroa *et al.*, 2015; Davies *et al.*, 2015).

Otro hábitat recurrente fue HIM, el cual durante la fase fría del evento ENSO presentó 10 taxones, la mayor abundancia en la capa oxidada, ubicándose en la sección Sur, cerca de Cabo Corrientes, donde el agua hipóxica se elevó hasta 40 m de profundidad, en un rango de salinidad de 34.9 a 35.4 g/kg. Durante la fase cálida del evento ENSO, este hábitat se extendió hacia el norte por debajo de la oxiclina en el AStSs. Posiblemente por las condiciones generadas por la incursión del ATS en el área de estudio. El hábitat decreció en abundancia larvaria y la mayor abundancia se ubicó en la sección Sur.

La comunidad presente en el HIM fue muy similar a la descrita por Davies *et al.* (2015). La especie más abundante e indicadora del hábitat fue *Bregmaceros bathymaster*, coincidiendo con los reportes previos cerca de las Islas Marías de Acal (1991) y Franco-Gordo *et al.* (2004), los cuales mencionaron a *B. bathymaster* como la especie dominante en la zona. La alta abundancia de *B. bathymaster* se puede relacionar con el aumento de las surgencias durante la fase fría del evento ENSO. *B. bathymaster*, es una especie nerítica-pelágica endémica del POT y de acuerdo con Smith (1979) y Fischer (1995), su ubicación en la columna de agua sugiere una posible adaptación a vivir en fuertes gradientes de oxígeno disuelto, al igual que lo sugerido por Davies *et al.* (2015).

Asimismo, se definieron otros hábitats de larvas de peces no recurrentes, asociando su presencia a procesos inter-anales y a cambios en la dominancia de masas de agua. Como lo fue el HTF el cual se asoció a la extensión del AGC hacia el sur.

La especie indicadora de este hábitat fue *Diogenichthys laternatus*, la cual es una especie con afinidad tropical-subtropical, que aumenta su abundancia durante la fase fría del evento ENSO, lo cual concuerda con lo encontrado por Funes-Rodríguez *et al.* (1997), durante el evento La Niña de 1999-2000, aunque en latitudes más altas.

El HTF fue sustituido por el HTC, dicho hábitat se relacionó con alta temperatura, disponibilidad de oxígeno disuelto y baja salinidad, características provenientes de la incursión del ATS hacia el norte y los efectos de la fase cálida del evento ENSO. Cabe destacar que el HTC fue único hábitat inmerso en el ATS, aunque presentó una distribución en las tres secciones, prioritariamente en la sección Central y Sur, con la mayor abundancia en la capa oxigenada, en un rango de salinidad de 35.3 a 34.3. En este hábitat, *Syacium ovale*, fue la especie indicadora, de afinidad tropical (Castro-Aguirre, 1978) ampliamente distribuida, desde el Golfo de California hasta el sur de Perú (Castro-Aguirre *et al.*, 1999).

La presencia de *S. ovale* durante la incursión de la masa de agua ATS puede ser relacionado con el hábitat preferencial de la especie, como lo sugirió Amezcua (1985) en virtud de encontrar una alta proporción de hembras maduras en el corredor Nayarit-Guerrero, con la mayor abundancia a lo largo de la costa de Guerrero durante el comienzo de la primavera. Moser *et al.* (1993) registraron la presencia de larvas de *S. ovale* a lo largo de la costa sur de la península de Baja California durante junio-enero, con una mayor abundancia entre julio y septiembre. Ahlstrom (1972) y Moser *et al.* (1993) mencionaron que durante el verano de 1967 sus larvas eran abundantes en el Pacífico Oriental Tropical entre Manzanillo, México y

Ecuador, y aunque estaban presentes durante el invierno, su abundancia era baja, lo que concordó con la baja abundancia reportada en este estudio durante las fases cálida del evento ENSO.

El momento y la ubicación del desove, la duración de la vida larvaria, el comportamiento de las LP y los procesos oceanográficos afectan la composición y distribución espacial de la comunidad de LP (Mullin, 1993). Sin embargo, durante la fase cálida del evento ENSO, la composición y la estructura espacial de la comunidad de LP se ven afectadas principalmente por el estrés físico y los cambios en los patrones de transporte a lo largo de la costa de América del Norte (Cisneros-Mata, 2000; Smith & Moser, 2003; Sánchez-Velasco *et al.*, 2017;), generando condiciones favorables para una tropicalización de la composición de la especie y un aumento en su riqueza específica aunque con una disminución en la abundancia de LP, lo que concuerda con lo reportado por Franco-Gordo *et al.* (2008) y Sánchez-Velasco *et al.* (2017) y los resultados obtenidos en el presente estudio. Mientras que, durante la fase fría, la composición y la estructura espacial de la comunidad de LP se ven afectadas principalmente por los cambios en el aumento de clorofila *a*, la disminución en la profundidad de la capa hipóxica y subóxica y los patrones de transporte a lo largo de la costa, los cuales forman condiciones favorables para especies Tropical-Subtropical y Subtropicales y para el aumento en la abundancia de LP como se reporta en este estudio.

El análisis de las condiciones físicas y biológicas durante la fase cálida del ENSO 2015-2016 “El Niño Godzilla”, a pesar de su magnitud y amplio periodo, presentó similitudes en las condiciones físicas provocadas por la fase cálida del evento ENSO 2010, él fue considerado un evento cálido débil. Esto puede ser producto de la fecha de muestro, pues la intensidad máxima de “El Niño Godzilla” fue en verano y el periodo de muestreo fue durante el decaimiento de la fase. No obstante ambos eventos presentan diferencias en la distribución de las masas de agua. En este mismo contexto la respuesta de los hábitats fue similar, aunque con cambios en su composición específica. Durante “El Niño” débil del 2010 fue registrado un hábitat tropical dominado por *V. lucetia* mientras que durante “El Niño Godzilla” durante el periodo de muestreo fue registrado el HTF un hábitat tropical indicado por *S. ovale*.

Finalmente se requiere realizar estudios intensivos basados en cruceros estacionales e interanuales para comprender los procesos físico-biológicos en el océano y su variación ante los cambios globales.

X. CONCLUSIONES

El análisis de los resultados mostró que durante la fase fría del evento ENSO 2012, se incrementó la estratificación propiciando alta abundancia de larvas de peces en la capa oxigenada; y durante la fase cálida del evento ENSO “El Niño Godzilla”, la abundancia de larvas de peces se redujo, y la riqueza específica se incrementó.

A pesar de las variaciones hidrográficas generadas por los eventos ENSO se definieron dos hábitats de larvas de peces recurrentes. El hábitat Golfo de California indicado por la especie *B. panamense*, quien dominó en la mayor parte del transecto de muestreo durante la fase fría del evento ENSO, asociado a la propagación hacia el sur de la masa de agua del Golfo de California. Este mismo hábitat durante la fase cálida del evento ENSO redujo su extensión y abundancia, asociado con la incursión del sur de la masa de agua tropical superficial.

El hábitat recurrente Islas Marías indicado por *B. bathymaster*, se asoció a agua hipóxica que se elevó hasta 40 m de profundidad durante la fase fría del evento. Este hábitat se extendió hacia el norte por debajo de la oxiclina inmerso en agua Sub-superficial Subtropical durante la fase cálida del evento.

Asimismo, durante la fase cálida del evento ENSO, se definió un hábitat de larvas de peces asociado a la masa de agua Tropical Superficial que incursionó al área de estudio indicado por *S. ovale*; especie que reemplazó a un hábitat ubicado en aguas hipóxicas indicado por *D. laternatus*.

Por lo anterior se sugiere que las variaciones de las masas de agua conllevan cambios en la distribución de los HLP y su composición general en la PTM.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- Acal, E. D. (1991). Abundancia y diversidad del ictioplancton en el Pacífico Centro de México. Abril 1981. *Ciencias Marinas*, 17(1), 25-50.
- Amezcu-Linares, F. (1985). Recursos potenciales de peces capturados con redes camaroneras en la costa del Pacífico de México. *Recursos pesqueros potenciales de México: La pesca acompañante del camarón*. UNAM, UPAL, INP, México, 39-94.
- Apango-Figueroa, E., Sanchez-Velasco, L., Lavín, M. F., Godínez, V. M., & 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, 1-12.
- Bakun, A. (2006). Fronts and eddies as key structures in the habitat of marine fish larvae: opportunity, adaptive response and competitive advantage. *Scientia Marina*, 70(S2), 105-122.
- Barber, R. T., & Chavez, F. P. (1983). Biological consequences of el niño. *Science*, 222(4629), 1203-1210.
- Beers, J. R. (1976). In Steedman, HF. *Zooplankton Fixation and Preservation. Determination of zooplankton biomass*, 35-84.
- Bjerknes, J. (1969). Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. *Monthly weather review*, 97(3), 163-172.
- Castro-Aguirre, J. L. (1978). Catálogo sistemático de los peces marinos que penetran a las aguas continentales de México con aspectos zoogeográficos y ecológicos. *Departamento de Pesca, Direccion General del Instituto Nacional de Pesca, Mexico. Serie Cientifica No, 19*, 1-296.
- Castro-Aguirre, J. L. (1999). *Ictiofauna estuarino-lagunar y vicaria de México*. Editorial Limusa.
- Cane, M. A. (1983). Oceanographic events during el nino. *Science*, 222(4629), 1189-1195.
- Clarke, K. R., & Ainsworth, M. (1993). A method of linking multivariate community structure to environmental variables. *Marine Ecology-Progress Series*, 92, 205-205.

- Clarke, K. R., & R.M. Warwick. (2001). Change in marine communities: an approach to statistical analyses and interpretation, 2nd Edn. PRIMER-E Plymouth, UK.
- Danell-Jiménez, A., Sánchez-Velasco, L., Lavín, M.F., Marinone, G. (2009). Threedimensional distribution of larval fish assemblages across a surface thermal/ chlorophyll front in a semienclosed sea. *Estuarine Coastal Shelf Science* 85, 487–496.
- Daniel, W.W. (2008). Biostatistics: A Foundation for Analysis in The Health Sciences. John-Wiley & Sons, New York.
- Davies, S. M., Sanchez-Velasco, L., Beier, E., Godínez, V. M., Barton, E. D., & 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, 118-129.
- Di Lorenzo, E., & Mantua, N. (2016). Multi-year persistence of the 2014/15 North Pacific marine heatwave. *Nature Climate Change*, 6(11), 1042-1047.
- Diaz, R. J., & Rosenberg, R. (1995). Marine benthic hypoxia: a review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna. *Oceanography and marine biology. An annual review*, 33, 245-03.
- Diaz, R. J., & Rosenberg, R. (2008). Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *science*, 321(5891), 926-929.
- Dixson, D. L., Jones, G. P., Munday, P. L., Pratchett, M. S., Srinivasan, M., Planes, S., & Thorrold, S. R. (2011). Terrestrial chemical cues help coral reef fish larvae locate settlement habitat surrounding islands. *Ecology and evolution*, 1(4), 586-595.
- Dufrêne y Legendre (1997)
- Ekau, W., Auel, H., Pörtner, H. O., & Gilbert, D. (2009). Impacts of hypoxia on the structure and processes in the pelagic community (zooplankton, macro-invertebrates and fish), *Biogeosciences Discuss.*, 6, 5073–5144, 2009.
- Fernández-Álamo, M. A., & Färber-Lorda, J. (2006). Zooplankton and the oceanography of the eastern tropical Pacific: a review. *Progress in Oceanography*, 69(2-4), 318-359.

- Filonov, A. E., Tereshchenko, I. E., & Monzón, C. O. (2003). Hydrographic monitoring of El Niño 97-98 off the coast of southwest Mexico. *Geofísica Internacional*, 42(3), 307-312.
- Fischer, W. (1995). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. *Vertebrados*, 647-1813.
- Franco-Gordo, C., Godínez-Domínguez, E., Filonov, A. E., Tereshchenko, I. E., & Freire, J. (2004). Plankton biomass and larval fish abundance prior to and during the El Niño period of 1997–1998 along the central Pacific coast of México. *Progress in Oceanography*, 63(3), 99-123.
- Franco-Gordo, C., GODÍNEZ-DOMÍNGUEZ, E., Suárez-Morales, E., & Freire, J. (2008). Interannual and seasonal variability of the diversity and structure of ichthyoplankton assemblages in the central Mexican Pacific. *Fisheries Oceanography*, 17(3), 178-190.
- Funes-Rodríguez, R., Zárate-Villafranco, A., Hinojosa-Medina, A., & Jiménez-Rosenberg, S. P. A. (1997). Abundancia y diversidad de larvas de peces durante El Niño y La Niña 1997–2000. *Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California*, 2007, 433-451.
- Gaxiola-Castro, G., Field, J., Suryan, R. M., Schneider, S. R., Barceló, C., Sakuma, K., ... & Watson, W. (2015). State of the California Current 2014-15: Impacts of the Warm-Water" Blob".
- Gill, A. (1980). Some simple solutions for heat-induced tropical circulation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 106(449), 447-462.
- Godínez, V. M., Beier, E., Lavín, M. F., & 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).
- Gómez-Valdivia, F., Parés-Sierra, A., & 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.
- Hammann, M. G., Nevárez-Martínez, M. O., & Green-Ruíz, Y. (1998). Spawning habitat of the Pacific sardine (*Sardinops sagax*) in the Gulf of California: Egg and larval distribution

- 1956-1957 and 1971-1991. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Report*, 169-179.
- Hartmann, D. L. (2015). Pacific sea surface temperature and the winter of 2014. *Geophysical Research Letters*, 42(6), 1894-1902.
- Heath, M. R. (1992). Field investigations of the early life stages of marine fish. In *Advances in marine biology* (Vol. 28, pp. 1-174). Academic Press..
- Intergovernmental Oceanographic Commission. (2010). The International thermodynamic equation of seawater–2010: calculation and use of thermodynamic properties.[includes corrections up to 31st October 2015].
- Kara, A. B., Rochford, P. A., & Hurlburt, H. E. (2000). An optimal definition for ocean mixed layer depth. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 105(C7), 16803-16821.
- Karstensen, J., Stramma, L., & Visbeck, M. (2008). Oxygen minimum zones in the eastern tropical Atlantic and Pacific oceans. *Progress in Oceanography*, 77(4), 331-350.
- Kessler, W. S. (2006). The circulation of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*, 69(2-4), 181-217.
- Koslow, J. A., Goericke, R., Lara-Lopez, A., & Watson, W. (2011). Impact of declining intermediate-water oxygen on deepwater fishes in the California Current. *Marine Ecology Progress Series*, 436, 207-218.
- Kramer, D.M., Kalin, J., Stevens, E.G., Trailkil, J.R., Zweifel, R. (1972). Collecting and Processing Data on Fish Eggs and Larvae in the California Current. *NOAA Tech. Rep. NMFS Cir.* 370, 38.
- Kurczyn, J. A., Beier, E., Lavín, M. F., & Chaigneau, A. (2012). Mesoscale eddies in the northeastern Pacific tropical-subtropical transition zone: Statistical characterization from satellite altimetry. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 117(C10).
- Leiby, M. M. (1984). Life history and ecology of pelagic fish eggs and larvae. *Marine plankton life cycle strategies*. CRC Press, Boca Raton, 121-140.

- Leiby, M. M. (1986) Life history and ecology of pelagic fish eggs and larvae. Pages L21-140 in/ K. A. Steidinger and L. M. Walker. eds. 1986. Marine plankton life cycle strategies. RC Press, Inc. Boca Raton Florida, \. 158 p.
- Leising, A. W., I. D. Schroeder, S. J. Bograd, J. Abell, R. Durazo, G. Gaxiola-Castro, E. P. Bjorkstedt, J. Field, K. Sakuma, and R. Robertson (2015), State of the California Current 2014–15: Impacts of the Warm-Water “Blob.” *CalCOFI Reports* 56:31–68.
- León-Chávez, C. A., Beier, E., Sánchez-Velasco, L., Barton, E. D., & 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.
- León-Chávez, C. A., Sánchez-Velasco, L., Beier, E., Lavín, M. F., Godínez, V. M., & 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.
- Lindzen, R. S., & Nigam, S. (1987). On the role of sea surface temperature gradients in forcing low-level winds and convergence in the tropics. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 44(17), 2418-2436.
- Longhurst, A. R. (1967, February). Vertical distribution of zooplankton in relation to the eastern Pacific oxygen minimum. In *Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts* (Vol. 14, No. 1, pp. 51-63). Elsevier.
- McClatchie, S. (2016). State of the California Current 2015–16: Comparisons with the 1997–98 El Niño. *California cooperative oceanic fisheries investigations. Data report*, 57.
- McPhaden, M. J. (1993). Toga-tao and the 1991-93 el nino-southern oscillation event. *Oceanography*, 6(2), 36-44.
- Moser, G. H., & 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. *CalCOFI Atlas*, 33, 382-475.

- Moser, H. G., & Smith, P. E. (1993). Larval fish assemblages and oceanic boundaries. *Bull. Mar. Sci*, 53(2), 283-289.
- Moser, H. G., Charter, L. R., Smith, E. P., Ambrose, A. D., Charter, R. S., Meyer, C. A., et al. (1993). Distributional atlas of fish larvae and eggs in the California Current region: taxa with 1000 or more total larvae, 1951 through 1984. *CalCOFI Atlas*, 31, 1–233
- Mullin, M. M. (1993). *Webs and scales: physical and ecological processes in marine fish recruitment*. Washington Sea Grant Program.
- Pennington, J. T., Mahoney, K. L., Kuwahara, V. S., Kolber, D. D., Calienes, R., & Chavez, F. P. (2006). Primary production in the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*, 69(2-4), 285-317.
- Portela, E., Beier, E., Barton, E. D., Castro, R., Godínez, V., Palacios-Hernández, E., ... & 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.
- Prince, E. D., & Goodyear, C. P. (2006). Hypoxia-based habitat compression of tropical pelagic fishes. *Fisheries Oceanography*, 15(6), 451-464.
- Saltzman, J., & Wishner, K. F. (1997). Zooplankton ecology in the eastern tropical Pacific oxygen minimum zone above a seamount: 2. Vertical distribution of copepods. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 44(6), 931-954.
- Sánchez-Velasco, L., Beier, E., Godínez, V. M., Barton, E. D., Santamaría-del-Angel, E., Jiménez-Rosenberg, S. P. A., & Marinone, S. G. (2017). Hydrographic and fish larvae distribution during the “Godzilla El Niño 2015–2016” in the northern end of the shallow oxygen minimum zone of the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 122(3), 2156-2170.
- Sanchez-Velasco, L., Lavin, M. F., Jiménez-Rosenberg, S. P. A., Montes, J. M., & 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.
- Sánchez-Velasco, L., Lavín, M.F., Jiménez-Rosenberg, S.P.A., Godínez, V.M. (2014). 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 System* 129, 368–380.
- Schiermeier, Q. (2015). Hunting the Godzilla El Niño. *Nature*, 526(7574), 490-491.
- Sassa, C., Kawaguchi, K., & Taki, K. (2007). Larval mesopelagic fish assemblages in the Kuroshio–Oyashio transition region of the western North Pacific. *Marine Biology*, 150(6), 1403-1415.
- Schiermeier, Q. (2015). Hunting the Godzilla El Niño. *Nature*, 526(7574), 490.
- Serrano, D. (2012). La zona del mínimo de oxígeno en el Pacífico mexicano. *Biodiversidad y comunidades del talud continental del Pacífico mexicano*, 105-119.
- Siegel, S., Castellan, N.J. (1988). *Nonparametric Statistic for the Behavioral Sciences*, second ed. McGraw-Hill International Editions, New York.
- Smith, P. E. (1979). *Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos*. (No. F014. 026).
- Smith, P.E. (1971). *Distributional Atlas of Zooplankton Volume in the California Current Region*, 1951, through 1966. *Calif. Coop. Fish. Invest. Rep.* Atlas No, 13.
- Sokal, R. R., & Rohlf, F. J. (1969). *The principles and practice of statistics in biological research* (pp. 399-400). San Francisco:: WH Freeman and company.
- Sokal, R. R., & Rohlf, F. J. (1985). *Biometry*, 587 pp. Blume, Barcelona, Spain.
- Sokal R., & F.J. Rohlf, (2012), *Biometry: The Principles and Practices of Statistics in Biological Research*, 4th edition, W.H.Freeman and Co. New York, 937 pp.
- Stramma, L., Johnson, G. C., Sprintall, J., & Mohrholz, V. (2008). Expanding oxygen-minimum zones in the tropical oceans. *science*, 320(5876), 655-658.
- Stramma, L., Schmidtko, S., Levin, L. A., & Johnson, G. C. (2010). Ocean oxygen minima expansions and their biological impacts. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 57(4), 587-595.

- Stramma, L., Fischer, T., Grundle, D., Krahmann, G., Bange, H. W., & Marandino, C. (2016). Observed El Niño conditions in the eastern tropical Pacific in October 2015. *Ocean Science*, 12(4), 861-873.
- Ter-Braak, C.J. F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis, *Ecology*, 67, 60-71.
- Victor, B. C., Wellington, G. M., Robertson, D. R., & Ruttenberg, B. I. (2001). The effect of the El Niño–Southern Oscillation event on the distribution of reef-associated labrid fishes in the eastern Pacific Ocean. *Bulletin of Marine Science*, 69(1), 279-288.
- Wang, C., C. Deser, J.-Y. Yu, P. DiNezio, & A. Clement, 2016: El Niño-Southern Oscillation (ENSO): A review. In *Coral Reefs of the Eastern Pacific*, P. Glynn, D. Manzello, and I. Enochs, Eds., Springer Science Publisher, 85-106.
- Whitney, F. A. (2015). Anomalous winter winds decrease 2014 transition zone productivity in the NE Pacific. *Geophysical Research Letters*, 42(2), 428-431.
- Zamudio, L., Hurlburt, H. E., Metzger, E. J., & Tilburg, C. E. (2007). Tropical wave-induced oceanic eddies at Cabo Corrientes and the Maria Islands, Mexico. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 112(C5).
- Zebiak, S. E., & Cane, M. A. (1987). A Model El Niño–Southern Oscillation. *Monthly Weather Review*, 115(10), 2262-2278.

Apéndices

Apéndice1. Listado de las muestras que se definió para cada uno de los hábitats de larvas de peces (HLP) por el índice de disimilaridad de Bray-Curtis y el método aglomerativo flexible durante abril del 2012. Golfo de california (GC), Transicional fase fría (TFF) e Islas Marías (IM).

Estación	Estrato	HLP	Estación	Estrato	HLP	Estación	Estrato	HLP
B07	1	GC	B01	1	TFF	E35	1	IM
B13	1	GC	B01	2	TFF	E35	2	IM
E19	1	GC	B01	3	TFF	E35	3	IM
E19	2	GC	B04	1	TFF	E37	1	IM
E25	1	GC	B04	2	TFF	E37	2	IM
E27	1	GC	B04	3	TFF	E37	3	IM
E27	2	GC	B07	2	TFF			
E29	1	GC	B07	3	TFF			
E29	2	GC	B10	1	TFF			
E31	1	GC	B10	2	TFF			
E31	2	GC	B10	3	TFF			
E31	3	GC	B13	2	TFF			
E33	1	GC	B13	3	TFF			
E33	2	GC	E11	1	TFF			
E33	3	GC	E11	2	TFF			
			E11	3	TFF			
			E13	1	TFF			
			E13	2	TFF			
			E13	3	TFF			
			E15	1	TFF			
			E15	2	TFF			
			E15	3	TFF			
			E17	1	TFF			
			E17	2	TFF			
			E17	3	TFF			
			E19	3	TFF			
			E21	1	TFF			
			E21	2	TFF			
			E21	3	TFF			
			E23	1	TFF			
			E23	2	TFF			
			E23	3	TFF			
			E25	2	TFF			

E25	3	TFF
E27	3	TFF
E29	3	TFF

Apéndice 2. Análisis SIMPER: abril 2012

Hábitat Transicional fase Fría

Average similarity: 48.62

taxones	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Vinciguerria lucetia</i>	4.28	23.83	2.11	49.02	49.02
<i>Diogenichthys laternatus</i>	2.67	14.03	1.22	28.85	77.87
<i>Bathylagidae tipo 1</i>	1.06	4.24	0.62	8.72	86.59
<i>Bregmaceros bathymaster</i>	1.28	3.37	0.6	6.93	93.52
<i>Lampanyctus parvicauda</i>	0.75	1.51	0.37	3.1	96.62
<i>Triphoturus mexicanus</i>	0.33	0.42	0.23	0.86	97.47
<i>Auxis sp.</i>	0.39	0.21	0.14	0.43	97.91
<i>Naucrates ductor</i>	0.25	0.21	0.13	0.43	98.34
<i>Mugil cephalus</i>	0.31	0.14	0.14	0.3	98.64
<i>Eleotris picta</i>	0.22	0.14	0.15	0.29	98.93
<i>Benthoosema panamense</i>	0.31	0.1	0.1	0.21	99.14
<i>Hygophum reinhardtii</i>	0.25	0.08	0.09	0.17	99.31
<i>Psenes sio</i>	0.14	0.05	0.09	0.11	99.42
<i>Microlepidium verecundum</i>	0.11	0.05	0.07	0.1	99.52
<i>Echiodon exsilium</i>	0.11	0.05	0.07	0.09	99.62
<i>Myctophum aurolaternatum</i>	0.14	0.04	0.1	0.08	99.7
<i>Scopelarchoides nicholsi</i>	0.08	0.03	0.07	0.06	99.77
<i>Stomias atriventer</i>	0.14	0.03	0.07	0.06	99.83
<i>Bregmaceros sp.</i>	0.14	0.02	0.07	0.05	99.88
<i>Psenes pellucidus</i>	0.14	0.02	0.07	0.05	99.93
<i>Leuroglossus stilbius</i>	0.11	0.01	0.04	0.03	99.95
<i>Chiasmodon niger</i>	0.06	0.01	0.04	0.02	99.98
<i>Citharichthys gordae</i>	0.06	0.01	0.04	0.01	99.99
<i>Fistularia corneta</i>	0.06	0.01	0.04	0.01	100
<i>Decapterus sp.</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Triglidae tipo 1</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Etropus crossotus</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Sardinops sagax</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Diaphus pacificus</i>	0.03	0	SD=0!	0	100
<i>Syacium ovale</i>	0	0	SD=0!	0	100

Hábitat Golfo de California

Average similarity: 60.89

Taxones	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Vinciguerria lucetia</i>	4	23.75	3.04	39.01	39.01
<i>Benthoosema panamense</i> *	3.13	17.29	3.63	28.39	67.4
<i>Bregmaceros bathymaster</i>	3.47	11.84	0.96	19.44	86.84
<i>Auxis</i> sp.	1.6	4.55	0.69	7.47	94.32
<i>Mugil cephalus</i>	1.2	2.43	0.49	4	98.31
<i>Psenes pellucidus</i>	0.47	0.6	0.31	0.99	99.3
<i>Triglidae tipo 1</i>	0.27	0.14	0.1	0.23	99.54
<i>Diogenichthys laternatus</i>	0.27	0.1	0.1	0.16	99.7
<i>Syacium ovale</i>	0.13	0.07	0.1	0.12	99.82
<i>Eleotris picta</i>	0.13	0.06	0.1	0.09	99.91
<i>Naucrates ductor</i>	0.2	0.05	0.1	0.09	100
<i>Bathylagidae tipo 1</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Lampanyctus parvicauda</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Triphoturus mexicanus</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Decapterus</i> sp.	0.13	0	SD=0!	0	100
<i>Psenes sio</i>	0.07	0	SD=0!	0	100
<i>Hygophum reinhardtii</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Myctophum aurolaternatum</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Bregmaceros</i> sp.	0	0	SD=0!	0	100
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Echiodon exsilium</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Etropus crossotus</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Microlepidium verecundum</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Sardinops sagax</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Scopelarchoides nicholsi</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Stomias atriventer</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Chiasmodon niger</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Citharichthys gordae</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Diaphus pacificus</i>	0.07	0	SD=0!	0	100
<i>Fistularia corneta</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Leuroglossus stilbius</i>	0	0	SD=0!	0	100

Hábitat Islas Marías

Average similarity: 55.08

Taxones	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Bregmaceros bathymaster</i>	4.83	32.39	2.74	58.81	58.81
<i>Mugil cephalus</i>	1.33	6.94	1.18	12.6	71.41
<i>Decapterus</i> sp.	1.5	5.57	0.78	10.12	81.53

<i>Triglidae tipo 1</i>	1.17	2.56	0.48	4.65	86.18
<i>Etropus crossotus</i>	1.17	2.56	0.48	4.65	90.83
<i>Sardinops sagax</i>	1	1.83	0.46	3.32	94.15
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	0.67	1.6	0.48	2.9	97.04
<i>Auxis sp.</i>	0.67	1.21	0.26	2.2	99.24
<i>Vinciguerria lucetia</i>	0.5	0.42	0.26	0.76	100
<i>Diogenichthys laternatus</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Bathylagidae tipo 1</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Benthoosema panamense</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Lampanyctus parvicauda</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Eleotris picta</i>	0.17	0	SD=0!	0	100
<i>Triphoturus mexicanus</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Naucrates ductor</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Psenes pellucidus</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Psenes sio</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Hygophum reinhardtii</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Myctophum aurolaternatum</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Bregmaceros sp.</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Echiodon exsilium</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Microlepidium verecundum</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Scopelarchoides nicholsi</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Stomias atriventer</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Chiasmodon niger</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Citharichthys gordae</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Diaphus pacificus</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Fistularia corneta</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Leuroglossus stilbius</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Syacium ovale</i>	0	0	SD=0!	0	100

Apéndice 3. Listado de las muestras que se definió para cada uno de los hábitats de larvas de peces (HLP) por el índice de disimilaridad de Bray-Curtis y el método aglomerativo flexible durante marzo del 2016. Golfo de california (GC), Transicional fase cálida (TFC) e Islas Marías (IM).

Estación	Estrato	HLP	Estación	Estrato	HLP	Estación	Estrato	HLP
A01	1	GC	A01	2	TFC	A03	3	IM
A01	3	GC	A05	1	TFC	A05	3	IM
A03	1	GC	A07	1	TFC	A07	2	IM
A03	2	GC	A09	1	TFC	A07	3	IM

A05	2	GC	A09	2	TFC	A15	2	IM
			A09	3	TFC	A17	3	IM
			A11	1	TFC	A18	2	IM
			A11	3	TFC	A18	3	IM
			A13	2	TFC	A19	2	IM
			A13	3	TFC	A19	3	IM
			A15	1	TFC	B01	2	IM
			A15	3	TFC	B01	3	IM
			A17	1	TFC	B04	2	IM
			A17	2	TFC	B04	3	IM
			A18	1	TFC			
			A19	1	TFC			
			A20	3	TFC			
			B01	1	TFC			
			B02	1	TFC			
			B02	3	TFC			
			B03	1	TFC			
			B03	2	TFC			
			B03	3	TFC			
			B04	1	TFC			

Apéndice 4. Análisis SIMPER marzo 2016.

Hábitat Golfo de California

Average similarity: 48.06					
Taxones	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Bentosema panamense</i>	2.6	30.54	1.94	63.55	63.55
<i>Vinciguerria lucetia</i>	2.6	16.83	1.09	35.02	98.57
<i>Rhynogobius nicholsii</i>	0.8	0.69	0.32	1.43	100
<i>Bregmaceros bathymaster</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Diaphus pacificus</i>	0.2	0	SD=0!	0	100
<i>Diogenichthys laternatus</i>	0.4	0	SD=0!	0	100
<i>Syacium ovale</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Auxis spp</i>	0.4	0	SD=0!	0	100
<i>Mugil cephalus</i>	0.4	0	SD=0!	0	100
<i>Scorpaenodes xyris</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Synodus sp 4</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Thalassoma sp 3</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Caranx caballus</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Sardinops sagax</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Dormitator latifrons</i>	0	0	SD=0!	0	100

<i>Paralabrax sp 1</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	0.2	0	SD=0!	0	100
<i>Citharichthys platophrys</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Paranthias colonus</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Symphurus elongatus</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Bathylagoides wesethi</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Caranx sexfasciatus</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Eucinostomus gracilis</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Scomber japonicus</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Lampanyctus parvicauda</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Xyrichtys spp</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Halichoeres semicinctus</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Myctophum aurolaternatum</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Ophidion sp 3</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Bregmaceros sp 1</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Citharichthys sp 2</i>	0.4	0	SD=0!	0	100
<i>Mulloidichthys dentatus</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Psenes sio</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Serranus sp 8</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Sphyraena ensis</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Symphurus sp 24</i>	0.4	0	SD=0!	0	100

Hábitat Transicional fase Fría

Average similarity: 31.28

Taxones	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Vinciguerria lucetia</i>	1.88	13.93	1.24	44.52	44.52
<i>Bregmaceros bathymaster</i>	1.5	7.1	0.74	22.69	67.21
<i>Syacium ovale</i>	0.96	3.88	0.71	12.39	79.6
<i>Diogenichthys laternatus</i>	0.75	1.94	0.33	6.2	85.8
<i>Diaphus pacificus</i>	0.58	1.04	0.31	3.31	89.11
<i>Auxis spp</i>	0.63	0.83	0.31	2.64	91.76
<i>Rhynogobius nicholsii</i>	0.38	0.66	0.22	2.1	93.85
<i>Mugil cephalus</i>	0.29	0.26	0.18	0.84	94.69
<i>Synodus sp 4</i>	0.29	0.23	0.19	0.74	95.43
<i>Thalassoma sp 3</i>	0.25	0.19	0.15	0.59	96.02
<i>Sardinops sagax</i>	0.42	0.15	0.1	0.49	96.51
<i>Scorpaenodes xyris</i>	0.21	0.13	0.14	0.42	96.93
<i>Caranx sexfasciatus</i>	0.29	0.13	0.1	0.41	97.34
<i>Bathylagoides wesethi</i>	0.13	0.09	0.1	0.28	97.61
<i>Paranthias colonus</i>	0.13	0.07	0.1	0.23	97.85
<i>Symphurus elongatus</i>	0.17	0.07	0.1	0.23	98.08

<i>Paralabrax sp 1</i>	0.21	0.07	0.1	0.22	98.3
<i>Eucinostomus gracilis</i>	0.21	0.07	0.1	0.22	98.52
<i>Dormitator latifrons</i>	0.13	0.07	0.1	0.22	98.73
<i>Citharichthys platophrys</i>	0.17	0.07	0.1	0.21	98.95
<i>Psenes sio</i>	0.17	0.05	0.06	0.16	99.11
<i>Ophidion sp 3</i>	0.13	0.04	0.06	0.13	99.24
<i>Bregmaceros sp 1</i>	0.17	0.04	0.06	0.13	99.36
<i>Serranus sp 8</i>	0.08	0.04	0.06	0.13	99.49
<i>Lampanyctus parvicauda</i>	0.13	0.04	0.06	0.12	99.61
<i>Sphyræna ensis</i>	0.17	0.03	0.06	0.09	99.7
<i>Myctophum aurolaternatum</i>	0.13	0.02	0.06	0.07	99.77
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	0.21	0.02	0.06	0.06	99.83
<i>Mulloidichthys dentatus</i>	0.08	0.02	0.06	0.06	99.89
<i>Halichoeres semicinctus</i>	0.08	0.02	0.06	0.06	99.95
<i>Xyrichtys spp</i>	0.08	0.02	0.06	0.05	100
<i>Benthoosema panamense</i>	0.04	0	SD=0!	0	100
<i>Caranx caballus</i>	0.08	0	SD=0!	0	100
<i>Scomber japonicus</i>	0.08	0	SD=0!	0	100
<i>Citharichthys sp 2</i>	0.04	0	SD=0!	0	100
<i>Symphurus sp 24</i>	0.04	0	SD=0!	0	100

Hábitat Islas Marías

Average similarity: 33.09

Taxones	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Bregmaceros bathymaster</i>	1.93	18.41	1.03	55.63	55.63
<i>Diaphus pacificus</i>	0.93	7.18	0.63	21.7	77.33
<i>Diogenichthys laternatus</i>	0.71	5.73	0.49	17.33	94.66
<i>Caranx caballus</i>	0.5	1.25	0.18	3.76	98.42
<i>Vinciguerria lucetia</i>	0.29	0.52	0.18	1.58	100
<i>Syacium ovale</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Auxis spp</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Rhynogobius nicholsii</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Mugil cephalus</i>	0.07	0	SD=0!	0	100
<i>Benthoosema panamense</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Scorpaenodes xyris</i>	0.07	0	SD=0!	0	100
<i>Synodus sp 4</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Thalassoma sp 3</i>	0.07	0	SD=0!	0	100
<i>Sardinops sagax</i>	0.14	0	SD=0!	0	100
<i>Dormitator latifrons</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Paralabrax sp 1</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	0	0	SD=0!	0	100

<i>Citharichthys platophrys</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Paranthias colonus</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Symphurus elongatus</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Bathylagoides wesethi</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Caranx sexfasciatus</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Eucinostomus gracilis</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Scomber japonicus</i>	0.14	0	SD=0!	0	100
<i>Lampanyctus parvicauda</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Xyrichtys spp</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Halichoeres semicinctus</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Myctophum aurolaternatum</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Ophidion sp 3</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Bregmaceros sp 1</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Citharichthys sp 2</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Mulloidichthys dentatus</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Psenes sio</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Serranus sp 8</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Sphyraena ensis</i>	0	0	SD=0!	0	100
<i>Symphurus sp 24</i>	0	0	SD=0!	0	100

Siglas

ACC: Agua de la Corriente de California.

ACCo: Análisis de Correspondencia Canónica.

AGC: Agua del Golfo de California.

AIPN: Agua Intermedia del Pacífico Norte.

AStSs: Agua Subtropical Subsuperficial.

AT: Agua Transicional.

ATS: Agua Tropical Superficial.

B: Batipelágicas.

BP: Bento pelágico.

CC: Corriente de California.

CCM: Corriente Costera Mexicana.

D: Demersales.

ENSO: El Niño–Southern Oscillation.

GC: Golfo de California.

HGC: Hábitat Golfo de California.

HIM: Hábitat Islas Marías.

HTC: Hábitat Transicional fase Cálida.

HTF: Hábitat Transicional fase Fría.

IM: Islas Marías.

LP: Larvas de Peses.

MEI: Índice Multivariado ENSO.

PC: Pelágico Costero.

PN: Pelágico Nerítico.

PO: Pelágico Oceánico.

PTM: Pacífico Tropical de México.

RA: Asociado a Arrecifes.

SA-SBTR: Subártico-Subtropical.

SA-TM: Subártico-Templado.

SA-TR: Subártico-tropical.

SBTR: Subtropical.

TFC: Transicional Fase Cálida.

TFF: Transicional Fase Fría.

TM: Templado.

TM-SBTR: Templado-Subtropical.

TM-TR: Templado-Tropical.

TR: Tropical.

TR-SBTR: Tropical-Subtropical.

TS: Temperatura & Salinidad.

TSM: Temperatura Superficial del Mar.

ZMO: Zona de Mínimo Oxígeno.